



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS
NATURAIS



TAFNES DA SILVA ANDRADE

**RESILIÊNCIA À SECAS FUTURAS, ÍNDICES DE SECA E
ANÁLISE DE VULNERABILIDADE EM BACIAS
HIDROGRÁFICAS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

CAMPINA GRANDE
AGOSTO DE 2017

TAFNES DA SILVA ANDRADE

**RESILIÊNCIA À SECAS FUTURAS, ÍNDICES DE SECA E
ANÁLISE DE VULNERABILIDADE EM BACIAS
HIDROGRÁFICAS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Tese de doutorado apresentada à
Universidade Federal de Campina
Grande (UFCG), como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Recursos Naturais, para
obtenção do título de Doutor(a).

PROPONENTE: Tafnes da Silva Andrade

ORIENTADORES: Carlos de Oliveira Galvão e Iana Alexandra Alves Rufino

CAMPINA GRANDE

AGOSTO DE 2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

A553r Andrade, Tafnes da Silva.
Resiliência a secas futuras, índices de seca e vulnerabilidade em bacias hidrográficas do semiárido brasileiro / Tafnes da Silva Andrade. – Campina Grande, 2017.
187 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2017.
"Orientação: Prof. Dr. Carlos de Oliveira Galvão, Profa. Dra. Iana Alexandra Alves Rufino".
Referências.

1. Bacias Hidrográficas. 2. Semiárido. 3. Gestão do Risco. 4. Seca. I. Galvão, Carlos de Oliveira. II. Rufino, Iana Alexandra Alves. III. Título.

CDU 556.51 (043)

TAFNES DA SILVA ANDRADE

“RESILIÊNCIA À SECAS FUTURAS, ÍNDICES DE SECA E ANÁLISE DE VULNERABILIDADE EM BACIAS HIDROGRÁFICAS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO”

APROVADO EM: 11/08/2017

BANCA EXAMINADORA

Profª. Dra. IANA ALEXANDRA ALVES RUFINO

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Prof. Dr. CARLOS DE OLIVEIRA GALVÃO

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Prof. Dr. CARLOS ANTÔNIO COSTA DOS SANTOS

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Prof. Dr. SÉRGIO MURILO SANTOS DE ARAÚJO

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Profª. Dra. CYBELLE FRAZÃO COSTA BRAGA

Instituto Federal da Paraíba – IFPB

Dr. PEDRO CARLOS GAMA DA SILVA

Embrapa Semiárido

A Deus, criador e sustentador de todas as coisas
A minha família,
minha mãe, irmãs e esposo,
ao meu avó, Pedro Barbosa (in memória),
dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, cuidado e orientação

Agradeço à família, aos mestres e aos amigos.

Especialmente agradeço por contribuição direta ou indireta para a realização desta tese:

Ao orientador Carlos de Oliveira Galvão e a professora Iana Alexandra Alves Rufino
pela positividade e confiança.

A minha mãe Rute, a Areli e a Samuel, pelo incentivo e força durante essa jornada.

Aos professores da Pós de Recursos Hídricos pelo compartilhamento de conhecimento.

Aos membros da banca de qualificação, Celso Augusto Guimarães Santos, Pedro Carlos

Gama da Silva, Cybelle Frazão Costa Braga, José Carlos Araújo, Sérgio Murilo Santos

de Araújo, Francisco de Assis Salviano de Sousa e Carlos Antônio Costa dos Santos,

pelas diversas contribuições para o aperfeiçoamento desta tese.

À Secretária da Pós, Cleide, que sempre é tão dedicada e companheira.

Aos professores da Pós de Recursos Naturais.

Aos companheiros de Hidráulica II.

Aos amigos da Primeira Igreja Batista em Campina Grande.

A Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH) que permitiu o afastamento integral das

minhas atividades profissionais, para que eu me dedicasse aos estudos do Curso de

Doutorado e realizasse este trabalho.

Muito Obrigada!

RESUMO

A seca liga os fenômenos meteorológicos e a sociedade de tal forma que sua ocorrência, quase sempre, implica em consequências sociais e econômicas negativas. É um fenômeno natural cíclico comum no Semiárido nordestino do Brasil. Sua gestão deve priorizar medidas proativas tomadas antes e durante a ocorrência das secas. Obras de infraestrutura hídrica podem auxiliar nessa gestão pois contribuem para diminuição da vulnerabilidade e consequente diminuição dos impactos da seca na região. O monitoramento é outra ferramenta fundamental nesse processo pois pode integrar sistemas de alerta e orientar o momento correto para executar ações de preparação e mitigação. Diferentes índices de seca são usados no monitoramento, e deveriam considerar não apenas os fenômenos meteorológicos, mas também as atividades econômicas significativas para a região. Tomando por base o conceito de gestão do risco, este trabalho buscou identificar as relações entre a gestão do risco e a diminuição da vulnerabilidade à seca, considerando que as obras de infraestrutura e índices de secas relacionados com as atividades econômicas regionais são chaves importantes desse processo. Como resultados podemos citar que as ações de infraestrutura hídrica contribuíram para o aumento da oferta hídrica na região, que se refletiu nas baixas vulnerabilidades a seca dos municípios mais atendidos pelo programa. E que os índices de seca VCI, VHI e SPEI, possuem potencial de uso como ferramenta para aplicação de medidas de monitoramento e gestão da seca na região em regiões semiáridas, que tem na pecuária sua principal atividade econômica.

Palavras-chave: semiárido, gestão do risco, seca

ABSTRACT

Drought connects meteorological phenomena and society in such a way that their occurrence, almost always, implies negative social and economic consequences. It is a natural phenomenon common in the Brazilian northeastern Semiarid. Its management should focus on proactive measures taken before and during the occurrence of droughts. Water infrastructure constructions may help in this management as they contribute to decrease vulnerability and consequently reduce drought impacts. Monitoring is another fundamental tool in this process because it can integrate warning systems and guide the right time to perform preparedness and mitigation actions. Different drought index are used in monitoring, and should look not only the meteorological phenomena, but also the significant economic activities for the region. Based on the concept of risk management, this work sought to identify the relationships between risk management and the reduction of vulnerabilities to drought, considering that infrastructure works and drought indexes related to regional economic activities are important keys to this process. As a result, we can mention that water infrastructure constructions contributed to the increase in the water supply in the region, which was reflected in the low vulnerability to drought in the municipalities most served by the program. And that the drought index VCI, VHI and SPEI have potential for monitoring and management drought in the semiarid region, which has livestock as its main economic activity.

Key-words: semi-arid, risk management, drought

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Ideia central da Tese.....	17
Figura 2.1: Abrangência do semiárido brasileiro.....	30
Figura 2.2: O ciclo “hidroilógico”.....	34
Figura 3.1: Estado da Paraíba com destaque para a bacia do Taperoá e Alto curso do Rio Paraíba.....	64
Figura 3.2: Distribuição mensal da precipitação pluvial média para as SBT e ACRP... ..	68
Figura 3.3: Padrão de variação dos índices de seca nos diferentes municípios da área de estudo.....	69
Figura 3.4: Classificação da severidade da seca em 1998 de acordo com o SPEI-3 e SPEI-12.....	73
Figura 3.5: Classificação da severidade da seca de em 2013 de acordo com o SPEI-3 e SPEI-12 e VCI.....	74
Figura 4.1: Área de estudo. Destaque para a bacia do Taperoá e Alto curso do Rio Paraíba.....	81
Figura 4.2: Correlação entre índices de seca e produção de leite.....	83
Figura 4.3: Dendograma da produção de leite (A). Distribuição espacial dos grupos na área de estudo (B).....	85
Figura 4.4: Variação anual dos índices de seca e da produção de leite.....	87
Figura 5.1: Área de estudo. Destaque para a bacia do Taperoá e Alto curso do Rio Paraíba.....	97
Figura 5.2: Esquema da metodologia empregada.....	100
Figura 5.3: Padrão de variação dos índices de seca para a região do Alto Curso do Rio Paraíba e sub Bacia do Taperoá.....	102
Figura 5.4: Totais anuais de chuvas na bacia do Taperoá e Sub-bacia do Alto Paraíba	103
Figura 5.5: Correlação entre índices VCI e VHI com a produção de leite e efetivo dos rebanhos.....	105
Figura 5.6: Variação média da produção de leite, efetivo dos rebanhos e índices de seca anuais na sub-bacia do Taperoá.....	108
Figura 5.7: Variação média da produção de leite, efetivo dos rebanhos e índices de seca anuais no Alto Curso do Rio Paraíba.....	110
Figura 5.8: Totais anuais de chuvas na bacia do Taperoá e Sub-bacia do Alto Paraíba	113
Figura 5.9: Totais anuais de chuvas na bacia do Taperoá e Sub-bacia do Alto Paraíba	114
Figura 6.1: Número de cisternas por 1000 hab. da zona rural nas Bacias dos Rios Piranhas-Açu e Pajeú.....	132
Figura 6.2: Número de carros-pipas em operação por 1000 hab. da zona rural nas Bacias dos Rios Piranhas-Açu e Pajeú.....	133

Figura 6.3: Diagrama de dispersão do número de cisternas (eixo horizontal) versus número de carros-pipas (vertical) nos municípios das Bacias do Piranhas-Açu e Pajeú	134
Figura 6.4: Municípios com maior dependência do aproveitamento da água de chuva e maior dependência dos carros-pipas, nas Bacias do Piranhas-Açu e Pajeú.....	135
Figura 7.1: Estado da Paraíba com destaque para a bacia do Taperoá e Alto curso do Rio Paraíba.....	149
Figura 7.2: Total de ações do PAC em cada município por habitante.....	154
Figura 7.3: Representatividade das Ações do PAC na área de estudo.....	157
Figura 7.4: Total de ações do programa Água para Todos em cada município por habitante.....	160
Figura 7.5: Distribuição da vulnerabilidade dos municípios e total de ações do PAC/1000hab (A) e total de ações do Água para Todos/1000hab (B).....	162

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Parâmetros e sub-parâmetros utilizados na avaliação da vulnerabilidade....	49
Tabela 2.2. Parâmetros e sub-parâmetros utilizados na avaliação da vulnerabilidade....	50
Tabela 3.1. Categorias de secas de acordo com o SPEI.....	65
Tabela 3.2. Parâmetros estatísticos da precipitação mensal.....	66
Tabela 3.3. Resultados do teste de Kruskal-Wallis para os índices de seca entre os anos de 2000 a 2015.....	70
Tabela 3.4. Número de municípios considerando a severidade da seca de acordo com cada índice.....	70
Tabela 3.5. Coeficientes de correlação entre precipitação e índices de seca.....	71
Tabela 4.1. Descrição dos índices de seca por sensoriamento remoto.....	82
Tabela 4.2. Número de municípios por classes de correlação entre índices de seca e produção de leite.....	83
Tabela 5.1. Descrição dos índices de seca por sensoriamento remoto.....	98
Tabela 5.2. Número de municípios por classes de correlação entre índices de seca e produção de leite/efetivo dos rebanhos.....	106
Tabela 5.3. Coeficientes de aglutinação e número de grupos formados.....	112
Tabela 7.1. Dados socioeconômicos dos municípios da área de estudo.....	147
Tabela 7.2. Indicadores Socioeconômicos Agrupados por Dimensão.....	150
Tabela 7.3. Peso dos indicadores e peso das dimensões.....	152
Tabela 7.4. Atuação das Ações do PAC na área de estudo.....	155
Tabela 7.5. Atuação das Ações do Água para Todos na área de estudo.....	159

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMS	American Meteorological Society
ASA	Articulação do Semiárido Brasileiro
AVHRR	Advanced Very High Resolution Radiometer
BNB	Banco do Nordeste
CHESF	Companhia Hidroelétrica do São Francisco
CMI	Crop Moisture Index
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
FNE	Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste
GWP	Global Water Partnership
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDSMD	Índice de Desenvolvimento Sustentável para Municípios
Ig(G)	Global Stress Index
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LST	Land Surface Temperature
MAI	Moisture Adequacy Index
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
MSNE	Monitor de Secas para o Nordeste
NDMC	National Drought Mitigation Center
NDVI	Difference Vegetation Index
NEB	Nordeste brasileiro
NOAA	Atmospheric Administration
OCP	Operação Carro Pipa
P1MC	Programa Um Milhão de Cisternas

PAN-Brasil	Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca
PDSI	Palmer Drought Severity Index
PHDI	Palmer Hydrological Drought Index
PNCD	Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
RAI	Rainfall Anomaly Index
SDI	Streamflow Drought Index
SHI	Surface Humid Index
SPEI	Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index
SPI	Standardized Precipitation Index
SRI	Standardized Runoff Index
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
SWSI	Surface Water Supply Index
TCI	Temperature Condition Index
UBS	Unidade Básica da Família
UBS	Unidade Básica de Saúde
UNCCD	United Nations Convention to Combat Desertification
UNCCD	Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca
UNISDR	United Nations Office for Disaster Risk Reduction
VCI	Vegetation Condition Index
VHI	Vegetation Health Index
WMO	World Meteorological Organization

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
Lista de Figuras.....	viii
Lista de Tabelas.....	x
Lista de Abreviaturas E Siglas.....	xi
CAPÍTULO I - Introdução Geral.....	15
CAPÍTULO II - Revisão da Literatura.....	22
2.1 Conceitos Importantes.....	22
2.2 Secas - Definições.....	24
2.3 Impactos das Secas.....	27
2.4 Aspectos Gerais das Seca no Semiárido Brasileiro.....	29
2.5 Gestão de Secas.....	34
2.6 Políticas Relacionadas à Seca.....	38
2.7 Índices de Seca.....	41
2.8 Vulnerabilidade à Seca.....	49
2.9 Literatura Citada.....	52
CAPÍTULO III - Índices para Monitorar Secas no Cariri Paraibano.....	62
3.1 Introdução.....	63
3.2 Material e Métodos.....	64
3.3 Resultados e Discussão.....	69
3.4 Conclusões.....	75
3.5 Literatura Citada.....	76
CAPÍTULO IV - Produção de Leite Como Indicativo da Vulnerabilidade à Seca de Municípios no Semiárido Brasileiro.....	79
4.1 Introdução.....	80
4.2 Material e Métodos.....	81
4.3 Resultados e Discussão.....	84
4.4 Conclusões.....	90
4.5 Literatura Citada.....	90
CAPÍTULO V - Uso de Informações Pecuárias para Determinar a Efetividade de Índices no Monitoramento de Secas no Semiárido Brasileiro.....	94
5.1 Introdução.....	95
5.2 Material e Métodos.....	97
5.3 Resultados e Discussão.....	102

5.4 Conclusões.....	117
5.5 Literatura Citada.....	118
CAPÍTULO VI - Estratégias de Adaptação e Gestão do Risco: O Caso das Cisternas no Semiárido Brasileiro.....	121
6.1 Introdução.....	122
6.2 O Problema do Abastecimento de Água de Comunidades Difusas na Região Semiárida.....	123
6.3 Gestão dos Recursos Hídricos e Gestão do Risco Em Secas.....	125
6.4 Cisternas Como Estratégia de Adaptação e Gestão do Risco em Secas.....	128
6.5 Material e Métodos.....	130
6.6 Resultados e Discussão.....	132
6.7 Conclusões e Considerações Finais.....	137
6.8 Agradecimentos.....	138
6.9 Literatura Citada.....	138
CAPÍTULO VII - O Impacto de Ações do PAC e do Programa Água para Todos na Redução da Vulnerabilidade às Secas no Cariri Paraibano.....	144
7.1 Introdução.....	145
7.2 Materiais e Métodos.....	147
7.3 Resultados e Discussão.....	154
7.4 Conclusões.....	165
7.5 Literatura Citada.....	165
CAPÍTULO VIII.....	168
Considerações Finais.....	168
ANEXOS.....	172
1 Anexo 1 – Variação anual dos dados pecuários.....	172
2 Anexo 2 – Variação anual dos índices de seca.....	177
3 Anexo 3 – Tabelas de correlação entre índices de secas e as variáveis pecuárias.....	184

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL

Todos os anos milhares pessoas são atingidas por eventos de secas que se materializam em desastres ao trazer inúmeros prejuízos socioeconômicos, como danos às lavouras e pastagens, perda de rebanhos, aumento da vulnerabilidade alimentar, restrições ao abastecimento de água das populações, conflitos pelo uso da água, dentre outros prejuízos que causam graves perturbações ao funcionamento dos sistemas sociais, econômicos e ambientais.

A seca é um fenômeno complexo caracterizado por precipitações baixas o suficiente para causar desequilíbrio hidrológico, devendo sempre ser referida a uma determinada atividade relacionada a precipitação, sendo classificada com base em diferentes perspectivas – meteorológica, agrícola, hidrológica ou socioeconômica (IPCC, 2014a; AMS, 2003).

Segundo o Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC (2014b), eventos extremos como as secas poderão aumentar, em frequência, em várias regiões do planeta, causando, assim, mais impactos. Esses impactos podem ser minimizados quando empregadas medidas de gestão de risco. Essas medidas priorizam ações de planejamento proativo e de mitigação, em detrimento das medidas emergenciais que pouco contribuem para o aumento da resiliência das comunidades atingidas e minimização de danos em eventos futuros (FONTAINE; STEINEMANN; HAYES, 2014; WILHITE, 2011).

A gestão do risco, de maneira geral, prioriza a construção da resiliência nas comunidades atingidas por desastres, melhorando a capacidade dos sistemas sociais, econômicos e ambientais para lidar com a seca, respondendo ou se reorganizando de forma a manter sua função, identidade e estrutura essenciais, ao mesmo tempo que mantém a capacidade de adaptação, aprendizado e transformação. O investimento em ações que melhorem a resiliência das comunidades repercutirá na diminuição da vulnerabilidade, ou seja, na propensão ou predisposição dessas comunidades serem afetadas negativamente pela ocorrência de secas (WMO; GWP 2016).

Uma ferramenta essencial para a gestão do risco é o monitoramento das secas. O acompanhamento da evolução e caracterização desse fenômeno tornará possível aplicar as medidas mitigadoras e de prevenção no período correto visando a minimização dos impactos negativos. Uma das maneiras de efetuar esse monitoramento é através de índices que são medidas quantitativas que caracterizam a seca ao considerar uma grande quantidade de dados acerca de indicadores como precipitação, vazão de rios, umidade do solo, evapotranspiração, condições da vegetação, temperatura dentre outros (WMO; GWP, 2016). Os índices são utilizados para avaliar a seca quanto a sua gravidade, localização e duração, ajudando a definir limiares para a aplicação das ações de gestão.

Tão importante quanto o acompanhamento da evolução da seca através de indicadores como os índices de seca, é a preparação das comunidades para o enfrentamento periódico desse fenômeno natural. Medidas de infraestrutura hídrica como a construção de barragens, adutoras, cisternas e perfuração de poços podem contribuir nesse sentido pois auxiliam na diminuição da vulnerabilidade hídrica das localidades por elas atendidas. Rossato et al., (2017) comentam que a implantação de infraestrutura hídrica como sistemas de irrigação e cisternas para a captação de água de chuva estão entre as medidas que auxiliam na diminuição da vulnerabilidade em áreas agrícolas.

A vulnerabilidade a seca é um processo extremamente dinâmico sendo influenciado pela multiplicidade de fatores que alteram as condições das comunidades atingidas como a urbanização, tecnologia, políticas governamentais, tendências de uso da água, aumento da conscientização ambiental, dentre outros (BELAL et al., 2014) fazendo com que haja necessidade de constante avaliação das condições de vulnerabilidade. Além da avaliação da vulnerabilidade, existe a necessidade de avançar com a construção da resiliência das comunidades, priorizando ações de planejamento a longo prazo e o desenvolvimento de capacidades para lidar com a seca (MASHI et al., 2014)

Estudos tanto no Brasil quanto no mundo apontam para a necessidade de desenvolver e institucionalizar abordagens proativas de longo prazo para a gestão da seca (COSTA et al., 2016; MARENGO et al., 2016; GUTIÉRREZ et al., 2014; MASHI et al., 2014). Além disso existe a necessidade de reconhecer a heterogeneidade e o contexto local de cada município e atividade econômica para encontrar soluções

específicas para o acesso à água, gestão da seca e construção da resiliência, especialmente em regiões semiáridas (BIRHANU et al., 2017; COSTA et al., 2016; GUTIÉRREZ et al., 2014; LINDOSO et al., 2013), sendo este um desafio relacionado com investimentos em infraestrutura, gestão dos recursos hídricos e os riscos climáticos (COSTA et al., 2016).

Martins et al. (2015) alertam para o fato de que, no Brasil, as avaliações de vulnerabilidade/resiliência ainda não foram totalmente formalizadas, existindo a necessidade de melhoramento e investimento em medidas de longo prazo relacionadas ao desenvolvimento de avaliações de vulnerabilidade, redes de monitoramento e avaliação de indicadores de vulnerabilidade.

Rossato et al. (2017), em estudo que avaliou a projeção de secas futuras no Brasil, concluem que apesar da importância desse tipo de desastre natural, esses eventos extremos ainda não foram relacionados quantitativamente a diversas variáveis climáticas, econômicas e sociais para permitir a gestão de riscos e fornecer suporte aos tomadores de decisão. Martin et al. (2016) avaliaram a vulnerabilidade de pastores no Marrocos e comentam acerca da existência de poucos estudos, que consideram os aspectos socioeconômicos da pecuária no estudo das secas, fato que também se aplica ao Brasil.

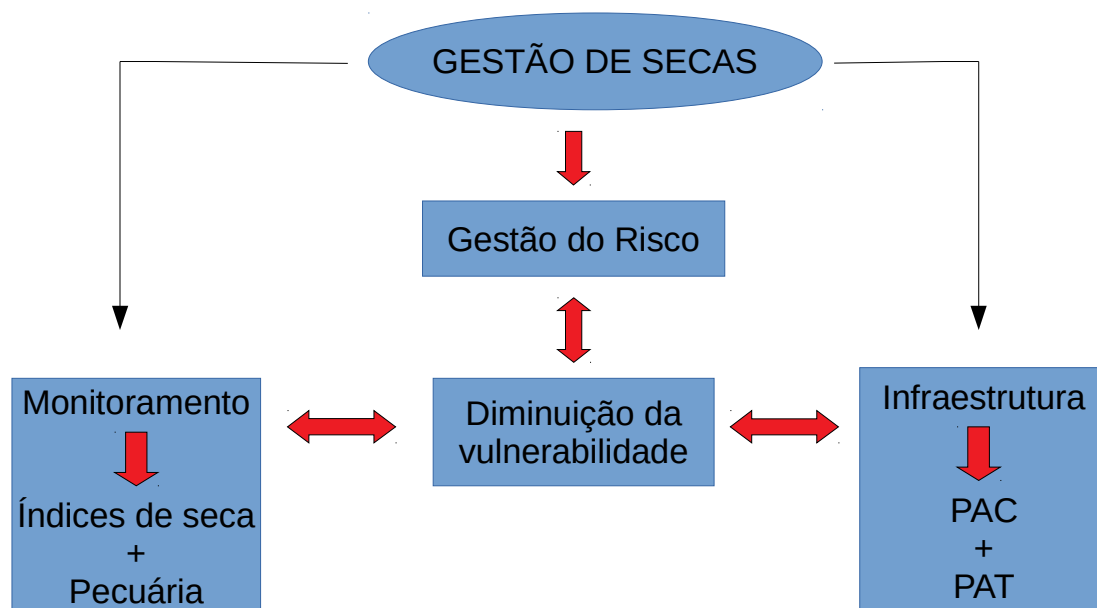
Diniz e Lima (2017) avaliaram a seca no período de 2012 – 2015 no estado da Paraíba, concluem que apesar da notável diferença com que a população rural do semiárido enfrentou a escassez de água e recursos nesse período, não sendo registrados saques, frentes de trabalho emergencial, distribuição de cestas básicas, campanhas midiáticas para doação de alimentos aos flagelados da seca, etc, ainda persistem problemas, especialmente em relação aos animais que sofrem grande impacto negativo com a ocorrência de secas.

O Semiárido brasileiro com área de 969.589,4 km², possui precipitação média inferior a 800 mm/ano caracterizada por padrões sazonais e anuais irregulares, com taxas de evaporação que podem chegar a 4.000mm por ano (INMET, 2017). As bacias do Taperoá/Alto Paraíba (Cariri Paraibano), Piranhas-Açu (Paraíba/Rio Grande do Norte) e Pajeú (Pernambuco), selecionadas para o estudo, estão inteiramente localizadas na região semiárida e são estratégicas para a região onde estão inseridas. As três bacias possuem forte potencial agropecuário e, assim como acontece em todo o Semiárido, é

uma região historicamente afetada por secas severas, com impactos variantes no tempo e no espaço, sendo os produtores familiares rurais os mais vulneráveis por exercerem atividade econômica intimamente relacionada ao clima.

A ideia central que norteia esta Tese está resumida na Figura 1.1. A hipótese a ser investigada é a de que para se ter uma gestão eficiente das secas é necessário fazê-lo com base nos pressupostos da gestão de risco em desastres, sendo as ações relacionadas ao monitoramento e a infraestrutura, especialmente relevantes nesse contexto. Esse tipo de gestão tem por principal objetivo a diminuição da vulnerabilidade dos atingidos pelo desastre, no caso a seca. Dentre as várias ações apontadas como preponderantes para a gestão do risco das secas, esta Tese busca destacar o papel do monitoramento na gestão da seca no Semiárido brasileiro, relacionando este a pecuária, uma das principais atividades econômicas da região, que é desenvolvida, em sua maioria, por pequenos produtores familiares de forma extensiva e tendo na vegetação nativa a principal fonte de alimento para o rebanho. Outro ponto a ser investigado é a de que investimentos governamentais nas áreas de infraestrutura, especialmente infraestrutura hídrica, de fato tem contribuído para a diminuição da vulnerabilidade a seca.

Figura 1.1: Ideia central da Tese.



Esta pesquisa se propõe a analisar relação entre a vulnerabilidade à seca e a presença de obras de infraestrutura hídrica em municípios das bacias do Alto Paraíba-

Taperoá, rio Piranhas-Açu, e Pajeú. Para alcançar esse objetivo foram traçados quatro objetivos específicos:

1. Avaliar a distribuição espacial e temporal da seca utilizando dados de sensoriamento remoto, entre os anos de 2000 – 2014, nas sub-bacias do Rio Taperoá /Alto Paraíba.
2. Avaliar a relação entre índices de seca obtidos a partir de produtos de sensoriamento remoto e variáveis pecuárias, em municípios do Semiárido.
3. Analisar a relação entre a gestão da crise e a gestão do risco, com obras de infraestrutura hídrica em municípios do Semiárido.
4. Investigar a relação entre obras de infraestrutura hídrica e a diminuição da vulnerabilidade à seca em municípios do Semiárido, e sua relação com indicadores socioeconômicos na região.

A Tese está dividida em oito capítulos: introdução; revisão da literatura; cinco artigos científicos; e considerações finais. O Capítulo 1 contém a introdução e os objetivos. O Capítulo 2 analisa os temas que fundamentaram o estudo com base na literatura. Os Capítulos de 3 a 7 são compostos pelos cinco artigos que buscaram atender aos quatro objetivos específicos do estudo, cada um contendo resumo, introdução, metodologia, resultados e discussão, conclusão e literatura citada. Os capítulos 3 a 5 estão relacionados com o monitoramento da seca e analisam a relação entre índices de seca e a pecuária e suas implicações sobre a vulnerabilidade a seca dos municípios estudados. Já os capítulos 6 e 7 tratam sobre a relação entre as obras de infraestrutura e sua relação com a vulnerabilidade a seca nos municípios, sempre considerando aspectos com o número de habitantes para traçar essas relações. O Capítulo 8 contempla as considerações finais do trabalho realizado, este último capítulo não tem a pretensão de ser uma conclusão, estas estão definidas no final dos capítulos de 3 a 7, mas sim, pretende traçar considerações sobre os principais resultados, ressaltando as relações entre os diferentes capítulos, além de fazer sugestões para futuros estudos relacionados ao tema da Tese.

LITERATURA CITADA

AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY – AMS. Meteorological Drought. Adopted by AMS Council on 23 December 2003. **Bulletin of the American Meteorological Society**, No. 85. Disponível em: <<http://www.ametsoc.org/policy/droughstatementfinal0304.html>>. Acesso em 02 jun. 2014.

BELAL, A. A.; EL-RAMADY, H. R.; MOHAMED, E. S.; SALEH, A. M. Drought risk assessment using remote sensing and GIS techniques. **Arabian Journal of Geosciences**, p. 1-19, 2014.

BIRHANU, Z.; AMBELU, A.; BERHANU, N.; TESFAYE, A.; WOLDEMICHAEL, K. Understanding resilience dimensions and adaptive strategies to the impact of recurrent droughts in Borana zone, Oromia region, Ethiopia: a grounded theory approach. **International journal of environmental research and public health**, v. 14, n. 2, p. 118, 2017.

COSTA, C. G. F.; HOLANDA, A. K. C.; DÍAZ-AMBRONA, C. G. H. Riesgo, innovación y desarrollo en un clima cambiante: el papel de las políticas de preparación para sequías y gestión de riesgo desastres en Ceará, Brasil. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 5, n. 3, p. 87, 2016.

DINIZ, P. C. O.; LIMA, J. R. T.. Mobilização social e ação coletiva no Semiárido Brasileiro: convivência, agroecologia e sustentabilidade. **Redes**, v. 22, n. 2, 2017.

FONTAINE, M. M.; STEINEMANN, A. C.; HAYES, M. J. State Drought Programs and Plans: Survey of the Western United States. **Natural Hazards Review**, v. 15, n. 1, p. 95-99. 2014.

GUTIÉRREZ, A. P. A.; ENGLE, N. L.; DE NYS, E.; MOLEJÓN, C.; MARTINS, E. S. Drought preparedness in Brazil. **Weather and Climate Extremes**, v. 3, p. 95-106, 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em: jul. 2017.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC, 2014: **Annex II: Glossary** [Mach, K.J., S. Planton and C. von Stechow (eds.)]. In: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117-130, 2014a. <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_Glossary.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2017

_____. **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summaries, Frequently Asked Questions, and Cross-Chapter Boxes.** A Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Ed. C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B.

Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization, 2014b. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/docs/WGIIAR5-IntegrationBrochure_FINAL.pdf>. Acesso em: 8 mar. 2015

LINDOSO, D.; EIRÓ, F.; ROCHA, J. D.. Desenvolvimento sustentável, adaptação e vulnerabilidade à mudança climática no Semiárido nordestino: Um estudo de caso no Sertão do São Francisco. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 44, p. 301-332, 2013.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P.; ALVES, L. M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Climanálise**, v. 3, p. 1-6, 2016.

MARTIN, R.; LINSTÄDTER, A.; FRANK, K.; MÜLLER, B. Livelihood security in face of drought—assessing the vulnerability of pastoral households. **Environmental Modelling & Software**, v. 75, p. 414-423, 2016.

MARTINS, J. C.; ENGLE, N. L.; NYS, E. Evaluating national drought policies-A comparative analysis of Australia, Brazil, Mexico, Spain and the United States. **Parcerias Estratégicas**, v. 20, n. 41, p. 57-88, 2015.

MASIH, I.; MASKEY, S.; MUSSÁ, F. E. F.; TRAMBAUER, P. A review of droughts on the African continent: a geospatial and long-term perspective. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 18, n. 9, p. 3635, 2014.

ROSSATO, L.; MARENGO, J. A.; ANGELIS, C. F. D.; PIRES, L. B. M.; MENDIONDO, E. M. Impact of soil moisture over Palmer Drought Severity Index and its future projections in Brazil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 22, 2017.

WILHITE, D. A. Breaking the hydro-illogical cycle: progress or status quo for drought management in the United States. **European Water**, v. 34, p. 3-16, 2011.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO); GLOBAL WATER PARTNERSHIP (GWP), 2016: **Handbook of Drought Indicators and Indices** (M. Svoboda and B.A. Fuchs). Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2. Geneva.

CAPÍTULO II

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CONCEITOS IMPORTANTES

A seguir são mostrados os principais conceitos trabalhados nesta tese, considerados relevante para o desenvolvimento da pesquisa, permitindo a identificação preliminar de aspectos importantes sobre o estudo da seca como um desastre.

Eventos extremos são definidos como a ocorrência de uma variável meteorológica ou climática com valores muito acima (ou abaixo) dos valores normalmente observados para essa variável (IPCC, 2012).

Desastre é uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou sociedade, causando mortes, perdas materiais, impactos econômicos e ambientais que excedem a capacidade da comunidade ou sociedade afetada de lidar com a situação usando seus próprios recursos (UNISDR, 2009).

Risco de Desastres é a probabilidade de ocorrência de alterações graves no funcionamento de uma comunidade ou sociedade devido à existência de eventos perigosos em interação com as vulnerabilidades sociais, dando origem a efeitos adversos sobre as pessoas, bens materiais, econômicos ou ambientais (IPCC, 2012).

Gestão de risco em desastres é processo sistemático de usar medidas administrativas, organizações, habilidades e capacidades operacionais para implementar políticas e reforçar as capacidades de enfrentamento dos desastres naturais, a fim de reduzir seus impactos negativos e possibilidades materialização dos desastres. A gestão de risco envolve o planejamento e avaliação das estratégias, políticas e medidas para melhorar a compreensão do risco, promovendo a melhoria contínua nas práticas de preparação, resposta e recuperação dos desastres (UNISDR, 2009; IPCC, 2012)

Mitigação é a redução ou limitação dos impactos adversos relacionados aos riscos e desastres. As ações mitigadoras, geralmente, não impedem todos os impactos adversos provenientes das ameaças, mas podem reduzir consideravelmente sua escala e gravidade através de várias estratégias e ações (UNISDR, 2009). São atividades relacionadas com

a previsão da seca e adaptação dirigidas à redução da vulnerabilidade ambiental e socioambiental (BRASIL, 2015)

Preparação consiste no uso do conhecimento e capacidades desenvolvidas por governos, organizações e profissionais visando auxiliar comunidades e indivíduos a antecipar, responder e se recuperar efetivamente dos impactos que estejam relacionados a uma ameaça. A preparação é uma ação que tem lugar no contexto da gestão do risco de desastres. Seu principal objetivo é desenvolver habilidades para gerir eficazmente as situações de emergências de maneira organizada e metódica. A preparação é baseada na análise dos riscos de desastres e estabelecimento de relações adequadas com os sistemas de alerta precoce (UNISDR, 2009).

Prevenção de desastres expressa a intenção de evitar a ocorrência dos impactos adversos através de ações tomadas com antecedência. Muitas vezes, não é possível evitar completamente as perdas e as ações passam a ser ações de mitigação. Por esta razão, por vezes, os termos prevenção e mitigação são usados em conjunto (UNISDR, 2009).

Vulnerabilidade é a propensão ou predisposição para ser adversamente afetado por uma ameaça. Diz respeito as características e circunstâncias que envolvem uma comunidade ou sistema que os tornam suscetíveis a esses efeitos adversos. A vulnerabilidade resulta de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, podendo variar significativamente dentro de uma mesma comunidade e ao longo do tempo (UNISDR, 2009; IPCC, 2012).

Resiliência é a capacidade de um sistema, comunidade ou sociedade exposta a riscos de antecipar, resistir, absorver, adaptar e se recuperar dos efeitos negativos de evento perigoso de forma oportuna e eficaz, garantindo a preservação e restauração de suas estruturas e funções básicas. A Resiliência diz respeito a capacidade de "resistir" a um choque. Ela é determinada pela presença de recursos e capacidade de organização da comunidade para lidar com possíveis eventos resultantes de uma ameaça (UNISDR, 2009; IPCC, 2012).

Risco de Desastres é a probabilidade de ocorrência de alterações graves no funcionamento de uma comunidade ou sociedade devido à existência de eventos

perigosos em interação com as vulnerabilidades sociais, dando origem a efeitos adversos sobre as pessoas, bens materiais, econômicos ou ambientais (IPCC, 2012).

Seca é um fenômeno natural que ocorre quando as precipitações são significativamente inferiores aos níveis médios registrados em dada localidade, causando sérios desequilíbrios que afetam negativamente os sistemas de produção e os recursos naturais (UNCCD, 1994). Seca é um termo relativo devendo fazer referência à atividade que se está considerando o deficit hídrico.

Índice de seca é um valor calculado relacionado a algum dos efeitos cumulativos da seca, como por exemplo os baixos níveis da água em rios e reservatórios, no caso de seca hidrológica, ou o deficit de umidade disponível para as plantas transpirem, no caso de seca agrícola (AMS, 2003).

2.2 SECAS - DEFINIÇÕES

A grande diversidade de pontos de vista de definições de seca constitui um dos obstáculos à sua investigação (YEVJEVICH, 1967); essas definições dependem da variável usada para descrevê-la. Para a Organização Meteorológica Mundial, seca significa uma deficiência prolongada de precipitação (MONACELLI et al., 2005). A Convenção das Nações Unidas de Combate à Seca e Desertificação (UNCCD, 1994) define seca como um fenômeno que ocorre naturalmente quando a precipitação é significativamente inferior aos valores normais, provocando um sério desequilíbrio hídrico que afeta negativamente os sistemas de produção de recursos da terra. Gumbel (1963) definiu a seca como os menores valores anuais das descargas médias diárias de um rio. Para Vicente-Serrano et al. (2013) a seca é um fenômeno natural que ocorre quando a disponibilidade de água é significativamente abaixo dos níveis médios durante um longo período e a oferta não consegue atender a demanda existente. Beguería et al. (2010) definem seca como um período de precipitação deficiente com impactos na agricultura, nos recursos hídricos e nos ecossistemas nativos. Pereira (2010) define seca como um desequilíbrio natural e temporário na disponibilidade de água devido a persistência da precipitação abaixo da média, e como um evento de frequência, duração

e severidade incertas cuja ocorrência é difícil de prever, resultando na redução da disponibilidade dos recursos hídricos e da capacidade de resposta dos ecossistemas.

A AMS (2003) define quatro categorias de secas: meteorológica ou climática, agrícola, hidrológica e socioeconômica, sendo complexa a relação entre elas e tendo como fato comum se originar de uma deficiência de precipitação que resulta em escassez de água para alguma atividade ou grupo (POTOP et al., 2012).

- Seca meteorológica: pode ser entendida como um período prolongado em que as condições atmosféricas resultam na ausência ou redução da precipitação, em uma dada região, podendo se desenvolver rapidamente e terminar de maneira abrupta (AMS, 2003; HEIM, 2002). Em geral, utilizam-se dados de precipitação, mensal ou acumulados, para avaliar a seca meteorológica (MISHRA; SINGH, 2010).
- Seca agrícola: refere-se a um período de déficit de umidade do solo e consequente quebra de safra. A demanda de água pela planta depende das condições meteorológicas, das características biológicas e fase de crescimento, e das propriedades físicas e biológicas do solo (AMS, 2003). Vários índices de seca, com base em uma combinação de precipitação, temperatura e umidade do solo, têm sido utilizados para estudar secas agrícolas (MISHRA; SINGH, 2010).
- Seca hidrológica: Caracterizada por déficit de precipitação durante um período prolongado o que provoca redução na vazão dos rios, na água subterrânea, nos reservatórios e nos níveis de lagos, podendo persistir após o fim da seca meteorológica (AMS, 2003; HEIM, 2002). São comuns, nas abordagens para a análise de seca hidrológica, o uso de valores limites da vazão dos rios que permitem a identificação de períodos de baixa vazão (LORENZO-LACRUZ et al., 2010; MISHRA; SINGH, 2010; HISDAL; TALLAKSEN, 2003). Em regiões como o Semiárido Brasileiro é frequente a ocorrência de rios com vazão zero durante parte do ano. Por essa razão, índices de seca hidrológica que consideram as descargas de vazão dos rios podem não ser adequados para o estudo de secas. Como alternativa podem-se considerar dados de volume de água em reservatórios e nível da água subterrânea para análise de secas hidrológicas (LORENZO-LACRUZ et al., 2010; BHUIYAN et al., 2006). Também são utilizadas séries padronizadas de registros hidrológicos como entrada, saída e

armazenamento de água em reservatórios, evapotranspiração e precipitação, para quantificar as condições de seca (JAIN et al., 2014, CHOI, et al., 2013; VICENTE-SERRANO et al., 2012b; LORENZO-LACRUZ et al., 2010; LÓPEZ-MORENO et al., 2009; SHUKLA;WOOD, 2008, ZAIDMAN et al., 2001), o que permite a comparação de diferentes graus de severidade, lugares e períodos. Os índices multiescalares, como o índice padronizado de precipitação (Standardized Precipitation Index – SPI) e o índice padronizado de precipitação e evapotranspiração (Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index – SPEI), podem ser relacionados, numa escala de tempo maior, com a seca hidrológica e usados para o estudo desta (POTOP et al., 2012; LORENZO-LACRUZ et al., 2010; VICENTE-SERRANO et al., 2010; MISHRA et al., 2007).

- Seca socioeconômica: está relacionada à falha, no atendimento às demandas por água, pelos sistemas de abastecimento de recursos hídricos, ou seja, está associada com a oferta e procura de um bem econômico (água) (AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY, 2003). Ocorre quando a demanda por água excede a oferta, resultando em déficit no abastecimento por motivos relacionados ao clima (MISHRA; SINGH, 2010), levando a impactos importantes na socioeconomia. Por essa razão, esta fase é chamada de seca socioeconômica, podendo também ser designada por seca operacional, uma vez que a gestão operacional da água para as diferentes utilizações é diretamente afetada e torna-se necessário aplicar medidas específicas de racionalização dos recursos existentes (VIVAS, 2011), e representa o impacto da seca sobre as atividades humanas, incluindo impactos diretos e indiretos.

Essas quatro categorias de secas podem ocorrer em sequência ou simultaneamente, e a ocorrência de uma delas não implica na ocorrência das outras. Pode haver seca meteorológica e/ou agrícola e não haver seca hidrológica, bem como dentro de um período prolongado de seca hidrológica pode haver intervalos de ausência de seca meteorológica e/ou agrícola.

2.3 IMPACTOS DAS SECAS

A avaliação dos impactos da seca sobre os ecossistemas e as sociedades é uma atividade complexa devido a uma seca de mesma severidade ter consequências diferentes em diferentes regiões e sistemas socioeconômicos (VICENTE-SERRANO, 2012b). Além disso, esses sistemas passam por constantes mudanças ocasionadas pela dinâmica natural da sociedade que tem sua vulnerabilidade e capacidade de resiliência alterada a cada nova experiência.

O estudo dos impactos da seca é um tema interdisciplinar e tem atraído atenção de ambientalistas, ecologistas, hidrólogos, meteorologistas, geólogos e cientistas agrícolas (MISHRA; SINGH, 2010). Esse interesse decorre diretamente das consequências negativas dos eventos extremos sobre a sociedade e é resultado da interação entre o componente natural e as utilizações humanas dependentes da água e de outros recursos naturais (VIVAS, 2011).

A seca é o desastre natural que afeta as pessoas com mais consequências negativas no mundo, é uma das principais causas naturais de danos agrícola, econômico e ambiental, sendo responsável por perdas extremas na economia, fome, epidemias e degradação da terra (KESHAVARZ, et al., 2013; FAVERO, SARRIERA, 2012; WILHITE, 2011; BEGUERÍA et al., 2010; VICENTE-SERRANO et al., 2010).

Ao contrário de outros desastres naturais, como inundações, furacões, tornados e terremotos, que ocorrem ao longo de períodos definidos no tempo e resultam em danos óbvios, a seca se desenvolve lenta e silenciosamente, sem provocar danos estruturais. O desenvolvimento das condições de seca passa, muitas vezes, despercebido até que a escassez de precipitação tenha provocado graves impactos socioeconômicos e ambientais. O ritmo lento e a longa duração da seca faz com que seja difícil quantificar em sua totalidade os impactos da seca, que podem perdurar por anos após seu término e se distribuir por grandes áreas geográficas (POTOP et al., 2012; DING et al., 2011; MISHRA; SINGH, 2010; KIM et al., 2009; HEIM., 2002).

O Anuário Brasileiro de Desastres Naturais (BRASIL, 2014) relatou, a ocorrência de 493 desastres naturais no ano de 2013, com 4.433 municípios afetados, dos quais 70,99% foram atingidos por seca/estiagem. O NEB teve o maior percentual de municípios atingidos 65,26%. O Anuário também registrou a ocorrência de 9 óbitos,

68.047 enfermos, 2.040 desabrigados, 10.009 desalojados e 11.953.305 afetados por secas/estiagens.

No NEB vivem 53.081.950 pessoas, que representam cerca de 28% da população brasileira (IBGE, 2010), desses cerca de 42% (22.598.318 habitantes) vivem sob o clima semiárido (Medeiros et al., 2014) diante desse quadro os impactos provocados pela seca tomam uma maior proporção. Esses números ajudam a compreender porque as secas são reconhecidas como um desastre, bem como permite uma noção do número de pessoas atingidas e o potencial de seus impactos.

Os primeiros impactos negativos provocados pela seca são sentidos pelo setor agrícola, os danos à cultura e perda de pastagens são alguns exemplos. Favero e Sarriera (2012) ressaltam a condição de grupo de risco dos agricultores em relação à seca, devido a dependência real de suas atividades às condições climáticas. Comentam que a dependência de um indivíduo/comunidade a apenas um determinado recurso natural, ou a um número limitado deles, pode aumentar a vulnerabilidade desses indivíduos/comunidades diante de eventos extremos como secas, inundações e pragas.

Para Ding et al. (2011), as perdas induzidas pela seca não são suportadas apenas pelos agricultores. Os consumidores também são atingidos em consequência da alta nos preços dos produtos. No entanto, a elevação dos preços atrai produtos de outras regiões para o mercado local, onde a seca está acontecendo. Esse fato ajuda a suavizar a escassez de oferta e limita o aumento de preços, tornando complicada a avaliação dos impactos econômicos em decorrência da seca. Impactos locais podem ser anulados quando avaliados a nível regional ou nacional, o que torna imprescindível estabelecer a cobertura geográfica e o método para contabilizar as perdas e impactos de secas.

As secas não só originam impactos do tipo direto, como a redução na produção de culturas agrícolas ou a imposição de restrições ao abastecimento. Impactos indiretos podem afetar outras atividades econômicas agrícolas (não apenas a produção) e outros setores, podendo levar à redução da oferta de emprego e à geração de conflitos entre diferentes grupos econômicos (VIVAS, 2011). De maneira geral a literatura divide os impactos negativos causados pelas secas em três categorias: sociais, econômicos e ambientais (NDMC, 2017; MANCAL et al., 2016; BELAL et al., 2014; WMO; GWP, 2014; KESHAVARZ et al., 2013; ZARGAR et al., 2011 INDIA, 2009).

- i. Social: perdas de bem-estar das famílias devido à restrição quali-quantitativa da água, suspensão de atividades recreativas, geração de conflitos entre os usuários de água.
- ii. Econômico: perda parcial ou total de produtos ligados à agropecuária, perda na produção ou vendas na indústria devido à diminuição da oferta energética, aumento de custos de monitoramento e de tratamento para os fornecedores de água, aumento dos custos com irrigação, perdas com atividades turísticas aquáticas, diminuição da navegabilidade.
- iii. Ambiental: diminuição da qualidade da água, mortandade da fauna e flora, perda da biodiversidade devido à restrição hídrica no solo e corpos d'água.

Cada seca produz um conjunto único de impactos que dependem não só da gravidade, duração e extensão espacial, mas também das constantes mudanças das condições sociais. Embora seja um fenômeno de origem natural resultante da variabilidade climática, seus impactos resultam da interação entre a componente natural e os diversos usos dependentes da água e de outros recursos naturais (WILHITE et al., 2011).

Além dos fatores naturais, a falta de políticas públicas voltadas para a gestão da seca, ou a má administração dessas políticas, pode contribuir para o agravamento de seus impactos negativos. Embora não seja possível impedir a chegada da seca, o planejamento adequado de ações de preparação e mitigação, gestores e planejadores podem reduzir as vulnerabilidades e aumentar a capacidade de lidar com situações de seca.

2.4 ASPECTOS GERAIS DAS SECA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

O NEB é uma típica região semiárida, cuja variabilidade climática é extremamente alta, a precipitação varia de um mínimo de 400 mm a um máximo de 800 mm ao ano. Em anos com boas médias de chuva, estas podem ocorrer de maneira concentrada em apenas poucos meses. Já em anos de pouca precipitação, as chuvas podem falhar quase que completamente. A temperatura apresenta elevadas médias anuais de 27 °C e evaporação potencial de mais de 2.000 mm, o que caracteriza um

balanço hídrico extremamente desfavorável para a prática da agricultura de sequeiro na maior parte do ano (CAMPOS, 1997).

A combinação dos fatores climáticos e edáficos, como solos rasos, contribuem para o desenvolvimento de grandes secas que trazem consigo consequências econômicas, sociais e ambientais. Para Souza Filho (2003) o semiárido possui alta variabilidade climática associada à ocorrência de eventos extremos, essas variabilidades geram incertezas acerca da natureza climática da região e significativas vulnerabilidades ambientais.

A primeira delimitação das áreas atingidas por secas no NEB foi realizada em 1936 e denominada Polígono das Secas. Compreendia uma superfície de 672.281,98 km². Em 1989 foi realizada nova delimitação que passou a abranger uma área de 1.085.187 km² (PAN-BRASIL, 2005). Sob força das orientações estabelecidas na Constituição Federal de 1988, também no ano de 1989, foi criado o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste – FNE e, o chamado Polígono das secas, foi substituído pela Região Semiárida do FNE, que passou a corresponder a área oficial de ocorrência de secas no Nordeste e de atuação da SUDENE. Essas áreas foram determinadas como aquelas de precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm (BRASIL, 1989).

O Ministério da Integração Nacional definiu, em 2005, uma nova delimitação da região semiárida (Figura 2.1) utilizando três critérios técnicos para o estabelecimento dessa área que passou a abranger 969.589,4 km², cobrindo 11% do território nacional e contendo 1.132 municípios em dez Estados da Federação (PI, CE, RN, PB, PE, AL, SE, BA e MG) (BRASIL, 2007). Os critérios utilizados foram:

- I. Precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros;
- II. Índice de aridez de até 0,5, calculado pelo balanço hídrico, que relaciona a precipitação e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990;
- III. Risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990.



Figura 2.1: Abrangência do semiárido brasileiro.

(Fonte: A autora a partir das shapes disponíveis no <http://www.visualizador.inde.gov.br/>)

Questões relacionadas as secas sempre tem estado em pauta nas discussões do país. Campos (1997) ao descrever as vulnerabilidades hidrológicas do semiárido às secas, cometa que desde o Brasil colônia, quando a densidade demográfica era baixa, e sem degradações antrópicas, já havia registro de ocorrências de secas no Semiárido, demonstrando a alta vulnerabilidade as secas dessa região. A medida em que a região foi sendo ocupada, observou-se também o aumento da vulnerabilidade à seca das comunidades que aí se estabeleciam.

Essa ocupação por um contingente razoável de pessoas, só foi possível devido à presença de açudes que armazenam os excedentes, em água, dos períodos úmidos, para uso nos períodos de estiagem. A política de açudagem foi, durante vários anos, a principal maneira de se lidar com a seca no Semiárido, sendo esse período conhecido como “Solução hidráulica”. No entanto, essa política careceu de planejamento servindo,

na maioria das vezes, apenas para aqueles que habitavam próximo às suas margens, de maneira que grande parte da população rural difusa continuou desassistida (EIRO; LINDOSO, 2015; ANDRADE; NUNES, 2014; CAMPOS; STUDAR, 2001). Apesar das críticas reconhece-se a importância social e econômica dessas obras para o armazenamento de água no semiárido.

Várias instituições foram criadas ao longo do século XX no intuito de trazer soluções ao problema da seca, dentre elas podem-se citar a Criação da Inspetoria Federal de Obras contra as Secas, em 1909, o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) em 1936, a Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF) em 1945, a Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF) em 1948, o Banco do Nordeste (BNB) criado em 1952 e a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) em 1959 (LIRA, 2012). A formação da infraestrutura hidráulica propiciou a formação confiável do suprimento de água potável no Semiárido, criando condições para o desenvolvimento regional e diminuição significativa da frequência das secas hidrológicas (CAMPOS, 2014).

Na década de 1990, alguns movimentos sociais que buscavam desenvolver e difundir novas formas de atuação na realidade semiárida ganharam força quando começou a crescer a ideia de convivência com o semiárido ao invés da ideia de combate a seca (ASSIS, 2012). Esses movimentos contaram com a participação de grande número de organizações, principalmente organizações não-governamentais (ONGs), que atuavam em consonância com Sindicatos de Trabalhadores Rurais, Associações Comunitárias e Igrejas.

O objetivo era que a mobilização regional contribuísse para a migração das práticas assistencialistas e clientelistas que vigoravam em épocas de secas, para um programa de ações permanentes que garantissem o desenvolvimento sustentável especialmente para a população rural, a mais afetada pelas secas. Reconhecia-se a necessidade das ações emergenciais, mas buscava-se ações permanentes e mais eficazes como política agrária, tecnologias apropriadas, gestão democrática e descentralizada dos recursos hídricos (DINIZ; LIMA, 2017)

Essas instituições contribuíram para a criação de ações mobilizadoras e constituição de espaços coletivos de discussão para assuntos de interesse do Semiárido como o Fórum da Seca em Pernambuco, a Articulação do Semiárido Paraibano, o

Fórum pela Vida no Semiárido no Ceará e no Piauí, o Forcampo no Rio Grande do Norte e outras redes. Um dos resultados dessa mobilização foi a criação da Articulação do Semiárido Brasileiro (ASA), que congregou diversas organizações da sociedade civil e foi responsável pela sugestão de propostas de convivência com a seca como a construção de cisternas de placa para o armazenamento de água da chuva para consumo humano (ASA, 2017; BRITO, et al., 2017; DINIZ; LIMA, 2017; EIRÓ; LINDOSO, 2015; FERREIRA et al., 2015; SILVA, et al., 2015; ANDRADE; NUNES, 2014; SILVEIRA et al., 2014).

Taddei e Gamboggi (2010) trazem uma visão geral da seca no Brasil e apresentam três estudos de casos referentes a seca ocorrida em 2005 nas cidades de Anamã – AM, Antônio Prado – RS e Canindé – CE. O estudo trata dos impactos sociais, econômicos e políticos da seca com relatos de invasões e furto de alimentos cometidos por parte da população rural que, faminta, invadiu as cidades, protesto de agricultores atingidos pelas secas, relato das perdas da produção agropecuária, perda econômica no comércio devido à diminuição da renda da população atingida pela estiagem, e manifestação de deputados em busca de recursos para as áreas atingidas.

Esse tipo de relato deixou de ser verificado no último episódio de seca que se instalou no Semiárido a partir do ano de 2012 e que se destacou como um dos piores dos últimos anos. Fato que pode ser atribuído a Políticas de transferência de renda, como a Bolsa Família e a Bolsa Estiagem, aliado a programas como Água Para Todos, no qual merecem destaque a Operação Carro-pipa e o Programa de Cisternas Rurais. As cisternas passaram a ter prioridade na recepção da água distribuída pelos carros-pipa, por oferecer melhores condições para receber água e manter sua qualidade sanitária (DINIZ; LIMA, 2017).

Outras medidas estruturantes que auxiliaram nesse processo foi a realização de obras de infraestrutura hídrica, como a construção de barragens, de canais, de adutoras e a integração do rio São Francisco, esta última pode ser considerada a obra mais importante e talvez seja a última grande obra de infraestrutura hídrica para fortalecimento da oferta de água na região (ANDRADE; NUNES, 2014; CAMPOS, 2014).

Muitos problemas ainda persistem, especialmente nas pequenas cidades que enfrentam dificuldades para alcançar o reconhecimento oficial dos efeitos prejudiciais

da seca. Procedimento que requer a emissão de laudos oficiais com registro de impactos (perdas) sob a ótica da coletividade, assim como as falhas no processo que inclui a demora na avaliação da perda de safra e a exclusão de muitos agricultores que sofrem com a estiagem mas que residem em municípios cujo estado de emergência não é reconhecido, e por esse motivo não recebem o auxílio governamental (TADDEI; GAMBOGGI, 2010).

O problema da seca não se limita a fatores climáticos, mas envolve também aspectos estruturais nos quais se interligam condicionantes naturais e antrópicas, o que requer uma atuação integrada do poder público e sociedade para a solução dos problemas que ainda persistem na região.

2.5 GESTÃO DE SECAS

Existe um consenso sobre o entendimento de que a disponibilidade de água, em quantidade e qualidade adequada para os diversos usos, atua como fator determinante no processo de desenvolvimento social e econômico (CARVALHO et al., 2013; BARROSO; GASTALDINI, 2010). Regiões com disponibilidade hídrica insuficiente podem ter o seu desenvolvimento comprometido, o que torna a questão da gestão da água intimamente relacionada com a gestão da seca e extremamente importante para o desenvolvimento regional de áreas susceptíveis a secas periódicas.

De acordo com Wilhite (2011), para uma gestão eficiente em situações de seca, com minimização dos impactos negativos, é necessário adotar os princípios da gestão de risco, em detrimento da abordagem de gestão de crise tradicional.

O risco resulta da combinação entre o perigo e a vulnerabilidade. O perigo, ou ameaça, é um fenômeno natural que possui diferentes dimensões espaciais e temporais, e vários graus de intensidade e severidade. A vulnerabilidade pode ser entendida como o conjunto de características de um indivíduo, ou grupo de indivíduos (sociedade), que influenciam a capacidade de antecipar, gerir e se recuperar de um impacto causado pelo perigo (WILHITE, 2011).

A Figura 2.2 ilustra a atual maneira de tratar a seca, que é a de reagir de maneira “hidrológica”. Essa lógica é em grande parte direcionada para lidar com os impactos que estão ocorrendo e é um reflexo da vulnerabilidade social.

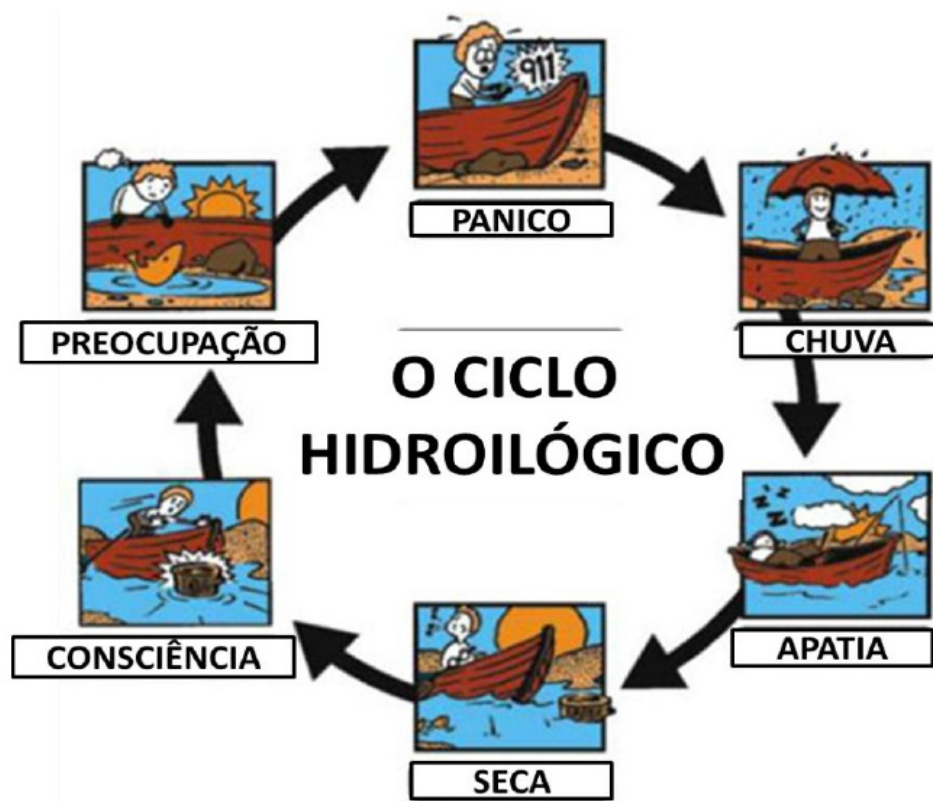


Figura 2.2: O ciclo “hidroilógico”

(Fonte: Adaptado de NDMC website, <http://drought.unl.edu/Planning/HydroillogicalCycle.aspx>, acessado em jun. 2017)

As políticas de seca existentes são em grande parte centradas nas ações de resposta em curto prazo, em vez de estratégias de planejamento proativas e de mitigação, que são ações realizadas antecipadamente para reduzir os efeitos negativos da seca. Embora ações de resposta sejam importantes para aliviar as perturbações de curto prazo e fornecer suprimentos de emergência, mantendo o funcionamento básico de indústrias e mercados, elas são incapazes de aumentar em longo prazo a resiliência socioeconômica aos impactos de secas futuras (DING et al., 2011). Portanto, ações de mitigação e preparação são as chaves para reduzir os riscos.

A gestão da seca no Brasil utiliza técnicas de enfrentamento, ou seja, gestão da crise que consistem em respostas as necessidades e impactos que acompanham eventos de seca. Uma medida mais eficiente é a mudança de postura com foco na gestão do risco. Seguindo essa linha, está a construção de grandes reservatórios destinados, principalmente, ao abastecimento humano e irrigação. No entanto, a criação desses

reservatórios não é o suficiente. São necessárias ações de gestão em tempos de oferta e de escassez hídrica para que a infraestrutura hídrica funcione adequadamente.

Para o afastamento da gestão tradicional da seca, que se caracteriza pelo ciclo “hidrológico”, há necessidade do desenvolvimento de políticas e técnicas de gestão de riscos que incluem sistemas de alerta precoce, monitoramento, planos de preparação, e as ações e programas de mitigação (FONTAINE; STEINEMAM; RAYES; 2014; WILHITE, 2011), além da identificação dos setores, grupos populacionais ou regiões mais vulneráveis.

O monitoramento das secas é essencial para identificar o início do período seco e otimizar as ações de preparação e de resposta à seca. Ele melhora o conhecimento sobre a variabilidade espacial e temporal da seca, é essencial para quantificar o risco e a vulnerabilidade de diferentes sistemas e regiões. As atividades de monitoramento muitas vezes incluem monitoramento e avaliação de indicadores de seca, revisão e elaboração de relatórios de impacto, e comunicação de informações ao público (FONTAINE, STEINEMAM; RAYES, 2014).

O monitoramento é essencial para a gestão do risco das secas, estimativas incorretas podem ter consequências graves para a meio ambiente e a economia (HISDAL; TALLAKSEN, 2003). O monitoramento contínuo contribui para identificar períodos de seca ainda em seu estágio inicial permitindo que haja tempo hábil para implementação de medidas que evitem o agravamento dos impactos negativos da seca.

Alguns fatos relacionados à gestão da seca no Nordeste já foram comentados como a criação de órgãos que realizaram os primeiros estudos sobre a seca na região, iniciaram a construção dos açudes e barragens e tiveram a missão de promover o desenvolvimento regional, diminuindo os efeitos negativos da seca.

Vale destacar a atuação da ASA, que promove ações importantes para a gestão do risco de secas através do fortalecimento político e social das comunidades e o desenvolvimento de tecnologias sociais simples, de baixo custo e de fácil assimilação, visando a convivência com o semiárido. Dentre elas, o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), cujo objetivo é garantir água potável por meio de cisternas de placas e aproveitamento da água de chuva, além de outros programas como o “uma terra e duas águas” (P1+2), que objetiva captar água de chuva para a produção através da cisterna-

calçadão, cisterna-enchurrada, barragem subterrânea, barreiro trincheira, barraginha e tanque de pedra (ASA, 2017).

Ainda no âmbito da gestão do risco, existem linhas de crédito e benefícios financeiros que podem ser usados para minimizar os efeitos negativos da seca. O Programa Garantia-Safra é um exemplo desse tipo de benefício. Trata-se de um seguro para agricultores familiares com renda familiar mensal igual ou inferior a um e meio salário mínimo que vivem na área de atuação da SUDENE e que garante uma renda mínima às famílias que perderam, pelo menos, 50% do conjunto da produção por motivo de seca ou excesso de chuvas. Há ainda o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) que, em suas várias modalidades, incluindo uma específica para o Semiárido, financia projetos individuais ou coletivos, que gerem renda aos agricultores familiares e podem auxiliar na convivência com o semiárido.

A Bolsa Estiagem é outro auxílio financeiro concedido a agricultores familiares que vivem em municípios em situação de emergência ou calamidade pública, em decorrência da seca (BRASIL, 2014), mas esse só é concedido quando a seca já está instalada e pode ser entendido como medida de gestão da crise. Assim como a Operação Carro Pipa (OCP) que realiza ações complementares de apoio à distribuição de água potável nos municípios que se encontram em situação de emergência ou estado de calamidade pública devido a seca (BRASIL, 2014).

Paralelamente ao andamento dessas ações, tem havido esforços recentes de ações de longo prazo para mitigar os impactos da seca e mudar o caráter reacionário dado a gestão de secas no Brasil. Uma iniciativa importante é a criação do Monitor de Secas para o Nordeste (MSNE) – monitordesecas.ana.gov.br, em funcionamento desde de 2014. Esse mecanismo integra informação de nível federal, estadual e municipal nas áreas de meteorologia, recursos hídricos e agricultura, podendo ajudar a melhorar o alerta precoce e a previsão de secas, assim como poderá servir como subsídio para a tomada de decisões e políticas em escala federal, estadual e local. O desenvolvimento do Monitor de Secas é uma resposta à necessidade histórica de melhoria no monitoramento e gerenciamento das secas no Brasil, sendo uma das etapas necessárias para a mudança de abordagem, da gestão crise para gestão do risco.

2.6 POLÍTICAS RELACIONADAS À SECA

O processo histórico de desenvolvimento do Semiárido brasileiro foi marcado pela construção de açudes. Até meados do século XX, tinha-se em mente que o problema das secas se restringia à falta de água, por isso as políticas públicas voltadas para a seca focavam principalmente na solução hidráulica com ênfase na construção de açudes. Conjugada a essa política estava a aplicação de ações emergenciais assistencialistas, como a distribuição de alimentos, tendo por objetivo o combate à seca (AMADOR; COUTINHO, 2013; TADDEI; GAMBOGGI, 2010).

Embora a construção desses reservatórios possa ser considerada como medida de gestão do risco, e tenha sido essencial para garantir o abastecimento de água nas cidades do Semiárido, essa política se mostrou insuficiente para lidar adequadamente com o problema da seca, que envolve aspectos de caráter socioeconômico e não apenas hídricos. Além da gestão da água armazenada nesses reservatórios ter apresentado falhas, grande parte da população rural continuou sem acesso à rede de distribuição de água (ANDRADE et al., 2015).

CAMPOS (2015) apresenta dois paradigmas que guiaram ações, tanto de gestão de risco quanto de gestão de crise em seca. O primeiro, paradigma do desenvolvimento econômico, surgiu no final da década de 1950 como um desdobramento das discussões sobre o fato da problemática da seca envolver questões mais complexas que apenas o abastecimento de água. Esse período passa a ser marcado por políticas públicas focadas no crescimento econômico e pelas atividades desenvolvidas pela SUDENE. Esse órgão, que tem como competência promover o desenvolvimento sustentável das áreas de sua atuação, criou vários polos de desenvolvimento econômico próximo aos reservatórios.

Na década de 1980 toma força o segundo paradigma, o do desenvolvimento sustentável e manejo integrado dos recursos hídricos, preocupado com questões relacionadas à alocação da água e estudos voltados para o melhoramento da eficiência dos reservatórios, além de programas e estudos de desenvolvimento local sustentável. Dentro desse paradigma surgem entidades como a ASA e o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) que se transformou em um programa das políticas públicas voltado para a mitigação dos efeitos negativos da seca e convivência com as condições semiáridas.

Um dos avanços no que se refere às políticas públicas relacionadas com a seca foi o estabelecimento do Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca PAN-Brasil em 2005, onde foi proposta uma série de ações, programas e projetos a serem implementados no Brasil de maneira dinâmica e participativa. O Plano está dividido em quatro eixos temáticos: Combate à Pobreza e à Desigualdade; Ampliação Sustentável da Capacidade Produtiva; Preservação, Conservação e Manejo Sustentável de Recursos Naturais; e Gestão Democrática e Fortalecimento Institucional.

Infelizmente muitas das ações propostas pelo PAN-Brasil e outros instrumentos de planejamento voltados para mitigação dos efeitos da seca, como os Planos de Ação Estaduais, apresentam problemas de operacionalidade, e não têm sido implantados como deveriam, mantendo grande a discrepância entre o que é planejado e o que é implantado (BARROS, BARBOSA, 2015; NASCIMENTO, 2015).

Alguns programas como o Fome Zero e o Garantia Safra foram citados no âmbito do PAN-Brasil e estão em execução como parte das políticas de Combate à Pobreza e à Desigualdade. Eles podem ser incluídos entre aqueles que auxiliam na gestão do risco em secas, pois promovem a diminuição da vulnerabilidade econômica de comunidades atingidas por meio da transferência de renda, possibilitando que essas comunidades evitem ou retardem a venda de seus bens para manter seus meios de subsistência em períodos de seca.

Outras políticas de abrangência nacional também têm auxiliado na transferência de renda para o NEB. Durante a década de 60 começou a funcionar um sistema de transferência de fundos do governo federal para os municípios, implicando em aumento de oportunidades de emprego no setor público dos pequenos municípios. Outro exemplo foi o estabelecimento da garantia de aposentadoria ou benefício de um salário mínimo para a população idosa, em especial, aqueles que eram trabalhadores rurais, independente de sua contribuição para o sistema previdenciário.

O somatório destas e outras políticas de auxílio pode explicar o fato de que, apesar da grave seca vivenciada entre 2012-2017, que atinge o NEB, o impacto social do fenômeno foi menor que em episódios passados, e não houve necessidade do governo oferecer empregos de emergência como em secas anteriores.

Um importante programa dentro das políticas públicas relacionadas a seca é o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Água “ÁGUA PARA TODOS”, instituído em 2011 através do Decreto Nº 7.535 de 26 de Julho de 2011. Em seu o artigo primeiro o decreto estabelece que:

Fica instituído o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Água - “ÁGUA PARA TODOS”, destinado a promover a universalização do acesso à água em áreas rurais para consumo humano e para a produção agrícola e alimentar, visando ao pleno desenvolvimento humano e à segurança alimentar e nutricional de famílias em situação de vulnerabilidade social (BRASIL, 2011).

O Programa promove a universalização do acesso a água por meio da implantação de quatro tipos de infraestruturas hídricas: os barreiros (micro e pequenas barragens); as cisternas para a produção; os sistemas coletivos de abastecimento; e as cisternas para captação da água de chuva para consumo humano.

Outro avanço foi a instituição da Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PNCD) através da Lei Nº 13.153, de 30 de Julho de 2015. A busca pelo cumprimento dos quatorze objetivos previstos na Lei, poderão contribuir de forma significativa para a gestão do risco de secas. Dentre esses objetivos podemos citar:

- II - prevenir, adaptar e mitigar os efeitos da seca em todo o território nacional;
- IV - integrar socioambientalmente de forma sustentável a produção e o uso dos recursos hídricos, a produção e o uso da infraestrutura de captação, de armazenamento e de condução hídrica com as ações de prevenção, adaptação e de combate à desertificação e à degradação da terra;
- VII - promover a segurança ambiental, alimentar, hídrica e energética nas áreas susceptíveis à desertificação;
- XI - melhorar as condições de vida das populações afetadas pelos processos de desertificação e pela ocorrência de secas;
- XIV - promover infraestruturas de captação, armazenagem e condução hídrica, a agricultura irrigada e a prática de uso eficiente e reúso da água na modalidade agrícola e florestal nas áreas susceptíveis à desertificação.

O principal propósito da Lei é estabelecer mecanismos de combate à desertificação e de mitigação dos efeitos da seca através de seus instrumentos que são: o Plano de Ação Brasileiro de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca; os Planos de Ação Estaduais de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da

Seca e o o Relatório Anual de Implementação da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (UNCCD) no Brasil. Infelizmente esses instrumentos ainda não foram implementados, dificultando a execução da PNCD e a análise dos impactos que a instituição de tal Política trará para a gestão das secas no Brasil.

Barros e Barbosa (2015) analisaram as relações entre governança, desenvolvimento institucional e sustentabilidade das ações de combate à desertificação no contexto do Brasil, tendo como base para o estudo a PNCD, concluíram que as ações implementadas no âmbito dessa Política apresentam baixo desempenho em termos de institucionalização dos elementos da governança. Segundo esses autores:

Apresentar uma sustentabilidade institucional alta implicaria em estabelecer políticas públicas onde ações governamentais seriam exercidas sob efetivo controle social estruturado como política de Estado com a implantação de programas e projetos públicos de desenvolvimento para além da transitoriedade dos governos. (BARROS; BARBOSA, 2015)

Essa falta da sustentabilidade contribui para a demora na implantação correta e plena, não só da PNCD, mas também das políticas públicas relacionadas a mitigação dos efeitos da seca. Andrade e Nunes (2014) analisaram as políticas públicas de acesso à água no Semiárido brasileiro e concluíram que estas ainda não alcançaram os objetivos almejados, e mesmo programas aqueles que apresentam resultados importantes como o a implantação de cisternas para a captação de água de chuva necessitam da complementação de políticas habitacionais, e ações regulares de controle da qualidade da água armazenada.

2.7 ÍNDICES DE SECA

Por definição, os índices têm como objetivo facilitar a avaliação e gestão de situações complexas, uma vez que permitem agregar/representar, num só valor, um elevado volume de informação, assumindo um papel fundamental na tomada de decisão e para a sociedade. São indicativos de mudanças nas condições do ambiente e podem representar a rede de causalidade presente num determinado meio (SANTOS, 2004).

Um indicador de seca corresponde ao valor de uma variável que pode ser a vazão do rio, volume acumulado no reservatório, precipitação, dentre outros. Uma importante consideração para a seleção e organização dos indicadores é a disponibilidade de dados confiáveis para consulta. Já um índice resulta da combinação de dados de uma ou mais variáveis estando normalmente associados a uma classificação específica (VIVAS, 2011).

O índice de seca é a principal ferramenta usada para avaliar o efeito e definir diferentes parâmetros de uma seca como a intensidade, a duração, a gravidade e a sua abrangência espacial (MISHRA; SINGH, 2010; YEVJEVICH, 1967), sendo seu uso mais útil do que a consideração apenas dos dados brutos. Os valores dos índices podem ser usados para definir as fases da seca e ativar ou desativar ações de respostas (FONTAINE; STEINEMAM; RAYES, 2014).

Existem vários índices de seca em uso atualmente, cada um possuindo vantagens e desvantagens. Dados observacionais têm sido utilizados para avaliar o desempenho dos índices, de acordo com as categorias de seca, e indicam que os índices existentes apresentam eficiências diferentes para monitorar diferentes aspectos de seca (CHOI et al., 2013; KALLIS, 2008). A seguir são descritos alguns índices de seca citados na literatura.

Índices de Palmer

O Índice de Severidade de Seca de Palmer (*Palmer Drought Severity Index – PDSI*, PALMER, 1965) é bem conhecido e bastante utilizado para monitorar a seca em escala regional nos Estados Unidos e em outros países (CHOI, et al., 2013). Permite a medição de condições de umidade (valor positivo) e seca (valores negativos) como base no balanço de água no solo. É calculado utilizando séries temporais de precipitação, temperatura do ar, estimativas de armazenamento de umidade no solo, recarga e escoamento superficial, a partir dos quais computa o armazenamento de água no solo. Tem sido amplamente utilizado para deflagrar secas agrícolas e hidrológicas (FERNANDES et al., 2009).

Como principais vantagens pode-se citar o fato dele ter sido usado por longo período de tempo, além de ter sido testado e verificado e, em muitos casos, permitir o monitoramento de anomalias das condições de umidade do solo; apresenta a

possibilidade de uma perspectiva histórica das condições locais com relação a seca; representa de maneira espacial e temporal situações de seca, é um índice padronizado possibilitando a comparação entre diferentes zonas climáticas, é sensível a precipitação e a temperatura.

Como desvantagens, o PSDI considera uma simulação simplificada do solo constituído por duas camadas. Existe uma considerável sensibilidade do processo de cálculo para definição da capacidade de armazenamento de água no solo tornando grosseira a generalização para grandes áreas. Existe uma subestimação do escoamento superficial devido a não consideração de escoamento até ser atingida a saturação do solo. As diferentes classes podem ter diferentes probabilidades de ocorrência variando com as próprias características do clima, e possui uma resposta lenta quanto ao desenvolvimento e diminuição de eventos de secas (VIVAS, 2011; MISHRA; SINGH, 2010).

O índice Z de Palmer ou índice de anomalia de umidade, é a componente do cálculo do PSDI que reflete a soma da precipitação pluvial mensal para um determinado mês e ano, com relação à demanda esperada para prover uma região com condições hídricas normais para um determinado mês, é uma medida de seca meteorológica de curto prazo. Como o índice Z reflete as condições hídricas do mês em questão, sem a influência de meses antecedentes, ele pode indicar um mês úmido em meio a uma seca prolongada, sendo mais indicado aos interesses agrícolas do que o PDSI (SANTOS et al., 2011).

Existe uma variação desse método para o cálculo da seca hidrológica, chamado de Índice de Seca Hidrológica de Palmer (*Palmer hydrological drought index* - PHDI), usado para monitorar as condições de abastecimento de água. É mais preciso que o PDSI para refletir condições de umidade durante as transições entre períodos secos e úmidos. É muito semelhante ao PDSI, pois usa o mesmo modelo de balanço hídrico no solo, a diferença é que o PHDI tem um critério mais rigoroso para definir o fim do período seco considerando que a seca só acaba quando o deficit de umidade desaparece totalmente. Essa característica é apropriada para avaliar a seca hidrológica que se desenvolve mais lentamente do que a seca meteorológica (KEYANTASH; DRACUP, 2002).

O Índice de Adequação de umidade (*Moisture Adequacy Index* – MAI, McGUIRE; PALMER, 1957) é um índice de seca agrícola baseado no conceito de evapotranspiração potencial. Ele compara o deficit de umidade local com o suprimento real de umidade. É um índice baseado no cálculo do balanço hídrico semanal dado pela razão entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração potencial. De fácil entendimento e aplicação, o índice retoma valores percentuais, em que 100% significa que a oferta de umidade satisfaz as exigências de umidade do solo para agricultura (PADHEE, 2013).

Tem-se ainda o Índice de Umidade da Cultura (*Crop Moisture Index* – CMI, PALMER, 1968) desenvolvido para avaliar as condições de umidade em escala semanal com foco na seca agrícola. Seu calculo é baseado, na soma do deficit de evapotranspiração e a recarga de água no solo, usando os mesmos parâmetros PDSI, que considera a temperatura média e precipitação total, e as condições de umidade do solo, incorporando o valor do índice da semana anterior. É considerado um índice melhor que o MAI, que considera apenas o deficit de precipitação. Responde rapidamente às condições de mudanças e não é adequado para monitorar secas em longo prazo (MISHRA; SINGH, 2010; FERNANDES et al. 2009, KEYANTASH; DRACUP, 2002).

Índice de Precipitação padronizado e Índice de Precipitação e evapotranspiração padronizado

O índice padronizado de precipitação (*Standardized Precipitation Index* – SPI) foi desenvolvido com a finalidade de quantificar deficit e excessos de precipitação para diferentes escalas temporais (MCKEE et al., 1993). Pode ser entendido como o número de “desvios-padrão” que um determinado valor de precipitação apresenta face à média histórica correspondente, para uma determinada área em análise (VIVAS, 2011). É recomendado pela Organização Mundial de Meteorologia (World Meteorological Organization - WMO) e considerado como eficaz na gestão de riscos climáticos (HAYES et al., 2011). Devido ao fato de ser normalizado, sua aplicação permite a comparação quantitativa da ocorrência de seca, em diferentes regiões e, em múltiplas escalas temporais (TELESCA et al., 2013; VICENTE-SERRANO et al., 2012; POTOP et al., 2012; FERNANDES; HEINEMANN, 2011; VICENTE-SERRANO et al., 2010).

Os valores do SPI obtidos em curta escala de tempo, mensal e trimestral, estão relacionados com conteúdo de água no solo e vazão em áreas de nascentes. Os valores de SPI, para as escalas médias, semestral e anual, são usados para representar os efeitos da seca nos níveis de água dos reservatórios e descarga média dos rios. Escalas de longo tempo, acima de doze meses, estão relacionadas às variações de armazenamento de água subterrânea (VICENTE-SERRANO et al., 2010).

O SPI utiliza apenas a precipitação como variável em seu cálculo. Esta apresenta a vantagem da disponibilidade de séries de registros mais longas e é pouco afetada pelas atividades humanas (TELESCA et al., 2013; HISDAL; TALLAKSEN, 2003). O cálculo do SPI se baseia em duas hipóteses (i) a variabilidade da precipitação é muito mais elevada do que a de outras variáveis, tais como a temperatura e a evapotranspiração potencial; e (ii) as outras variáveis são estacionárias (ou seja, eles não têm tendência temporal) (VICENTE-SERRANO et al., 2012).

Por outro lado, a principal crítica ao SPI é que seu cálculo é baseado apenas em dados de precipitação e não considera outras variáveis climatológicas importantes no desenvolvimento de secas, como por exemplo, temperatura, evapotranspiração, velocidade do vento e capacidade de retenção de água no solo. No entanto, é aceito que a precipitação é a principal variável determinante do início, duração, intensidade e final da seca (VICENTE-SERRANO et al., 2012).

Numa tentativa de melhoramento frente as críticas sobre o SPI, Vicente-Serrano et al. (2010) propuseram um índice cuja metodologia de cálculo é semelhante ao do SPI, com a vantagem de incorporar, através da evapotranspiração, a influência da temperatura sobre a seca. O índice de precipitação e evapotranspiração padronizado (*Standardized Precipitation Evapotranspiration Index – SPEI*) é baseado no balanço hídrico climatológico simplificado (precipitação menos evapotranspiração potencial), que é ajustado a uma distribuição de probabilidade. O balanço hídrico simplificado compara a água disponível com a demanda evaporativa da atmosfera, fornecendo uma medida mais confiável da severidade da seca (BEGUERÍA et al., 2014).

Índice de Anomalia de Chuva

O Índice de Anomalia de Chuva - (*Rainfall Anomaly Index – RAI*) (ROOY, 1965 Apud FERNANDES et al., 2009) avalia seca meteorológica através do ordenamento das

magnitudes de anomalias de precipitações positivas e negativas. Visa tomar o desvio da precipitação em relação à condição normal de diversas regiões passíveis de comparação.

Simelton et al. (2009), fez uma modificação nesse índice para torná-lo mais significativo na análise da vulnerabilidade à seca das culturas. Nessa modificação é considerado, apenas o período chuvoso que é significativo para a cultura de interesse.

Índice de Abastecimento de Água em Superfície

O índice de Abastecimento de Água em Superfície (*Surface Water Supply Index – SWSI*, SHAFER; DEZMAN, 1982) foi desenvolvido para avaliar a seca hidrológica em nível de bacia hidrográfica, através do monitoramento de alterações nas fontes de abastecimento de água superficiais. É calculado com base na probabilidade mensal de não excedência dos registros históricos disponíveis de armazenamento do reservatório, vazão, cobertura de neve e de precipitação. É um índice adequado para avaliar a seca hidrológica de regiões onde a neve contribui significativamente para a vazão anual (KEYANTASH; DRACUP, 2002), não sendo recomendado para a avaliação da seca em regiões semiáridas como a do NEB. Os valores de cobertura de neve, registrados no inverno, são substituídos pelos valores de fluxo de superfície durante o verão. Esse índice possui limitações para avaliar a seca de grandes regiões com alta variabilidade hidrológica espacial, pois os pesos atribuídos aos elementos usados no cálculo podem diferir de uma região para a outra (MISHRA; SINGH, 2010).

Índice de escoamento Padronizado

Índice de escoamento Padronizado (*Standardized Runoff Index – SRI*, SHUKLA; WOOD, 2008), é baseado nos mesmos conceitos do SPI, discutido anteriormente. O índice incorpora processos hidrológicos que determinam a perda sazonal de vazões devido à influência do clima, servindo como um complemento para SPI por retratar aspectos hidrológicos de seca (MISHRA; SINGH, 2010).

Índice de Seca de Vazões

Índice de Seca de Vazões (*Streamflow Drought Index – SDI*, NALBANTIS; TSAKIRIS, 2009; NALBANTIS, 2008) foi desenvolvido com objetivos de propor um

índice baseado em deficit de vazões para avaliar secas hidrológicas dentro de um contexto operacional. A ocorrência de seca hidrológica é definida como sendo aquela onde o volume de vazão, para um determinado período de tempo, é menor que a média histórica em pelo menos, um desvio padrão. Para seu cálculo é necessário uma série temporal de vazões mensal, a qual é ajustada a uma distribuição de probabilidade.

Índice de superfície úmida

O Índice de superfície úmida (*Surface Humid Index* – SHI; HULME et al.,1992) é a razão entre a precipitação e a evapotranspiração de referência. Quando o valor calculado é igual a 1,0 indica que a precipitação e a perda de água através da evapotranspiração potencial são iguais. Valores acima de 1,0 indicam um excedente de água, ou condições de umidade, e valores abaixo de 1,0 déficit de umidade. Ou seja, este índice reflete o estado seco/ úmido da superfície terrestre considerando os processos hidrológicos de precipitação e evapotranspiração potencial (ZHUGUO; CONGBIN, 2003).

Índices de seca derivados a partir de dados de sensoriamento remoto

A maioria dos índices de seca se baseia em dados coletados pontualmente como estações meteorológicas e pluviométricas, sendo necessário o uso de interpolações para cobrir as áreas entre as estações, o que torna o nível de precisão do método uma função da densidade de distribuição da rede de estações.

Por cobrirem grandes áreas, os índices derivados de dados de sensoriamento remoto podem ser adequados para o monitoramento espacial das condições de seca. Técnicas de sensoriamento remoto como o índice de vegetação por diferença normalizada (*Difference Vegetation Index* – NDVI), índice de condição de vegetação (*Vegetation Condition Index* – VCI), índice de condições de temperatura (*Temperature Condition Index* – TCI) já foram usados e vários estudos e se mostraram úteis para monitorar a intensidade, duração e impacto da seca em nível regional ou global (DU et al., 2013).

O NDVI pode ser obtido a partir dos dados coletados pelo sensor *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR) a bordo do satélite de órbita polar *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). O sensor AVHRR mede a

reflectância da terra em seis canais espectrais. O primeiro mede comprimentos de onda na região do vermelho (0,58 – 0,68 micrômetros), realiza o mapeamento da superfície e faz a detecção diária de nuvens. O segundo atua na região do infravermelho próximo (0,725 – 1,00 micrômetros) e pode ser utilizado para identificar corpos d'água. O terceiro mede comprimentos de onda de cerca de 1,58 – 1,64 micrômetros e detecta a presença de gelo e neve. Os três últimos canais registram a radiação térmica emitida pelo planeta nos comprimentos de 3,55 – 3,93, 10,30 – 11,30 e 11,50 – 12,50 micrômetros, respectivamente. O canal quatro e cinco realizam o mapeamento noturno de nuvens e da temperatura da superfície dos oceanos e o canal seis registra a temperatura da superfície dos oceanos (NOAA, 2014).

Os dados do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) a bordo dos satélites Terra e Aqua, também podem ser utilizados para cálculo do NDVI. A órbita do satélite Terra ao redor do planeta é sincronizada de modo que ele passa de norte a sul através do equador na parte da manhã, enquanto que o satélite Aqua passa de sul para o norte ao longo do equador à tarde. Esses dois satélites imageiam toda a superfície da Terra a cada 1 a 2 dias, a aquisição de dados é realizada através de 36 bandas espectrais com resoluções de 250, 500, e 1000 m.

O Índice de saúde da vegetação (*Vegetation Health Index* – VHI) é uma combinação do índice de condição de vegetação (VCI) e do índice de condições de temperatura (TCI). O VCI é adequado para o monitoramento, em larga escala, das condições de seca sobre a vegetação e apresenta boa correlação com o rendimento das culturas, embora não seja recomendado para monitorar a vegetação em locais onde ocorre estado de dormência devido as condições climáticas. Além disso, qualquer causa de estresse na vegetação incluindo insetos, doenças e falta de nutrientes é representado pelo VCI.

O TCI, calculado a partir de informações da temperatura da superfície da terra é um indicador de estresse térmico baseado em sensoriamento remoto. Foi proposto para determinar fenômenos de seca relacionados com a temperatura (KOGAN, 1995). Este índice assume que a seca provoca diminuição na umidade do solo, causando um aumento na temperatura da superfície da terra maior do que ocorre em períodos onde não há registro de seca.

O VHI possui várias aplicações como a identificação de áreas atingidas por secas, o monitoramento do rendimento e a produção das culturas, a densidade da vegetação e estimativa de biomassa. Também é usado para avaliar áreas irrigadas, estimando regiões com excesso de umidade em contraste com áreas secas. O VHI tem sido utilizado tanto em escala global, como regional e local (KARNIELI et al., 2010).

2.8 VULNERABILIDADE À SECA

UNDRO (1979) define vulnerabilidade como sendo a medida do grau de perda de um elemento ou grupo de elementos em risco, resultante da probabilidade de ocorrência de um evento desastroso. Ela compreende características intrínsecas da sociedade que a predispõe a sofrer danos em maior ou menor grau, podendo ser entendida como a incapacidade de uma pessoa ou grupo, em absorver os efeitos de mudanças no meio ambiente, ou seja, de adaptar-se a mudanças que se constituem em risco (COSTA, 2012).

A Estratégia Internacional das Nações Unidas para a Redução de Desastres (UNISDR, 2004) distingue quatro grupos de fatores de vulnerabilidade relevantes no contexto de redução de desastres: (i) fatores físicos, que descrevem a exposição dos elementos vulneráveis dentro de uma região; (ii) fatores econômicos, que descrevem os recursos econômicos de indivíduos, populações, grupos e comunidades; (iii) fatores sociais, que descrevem fatores não econômicos que determinam o bem-estar dos indivíduos, grupos populacionais e comunidades, tais como o nível de educação, segurança, acesso aos direitos humanos básicos, e da boa governança; e (iv) os fatores ambientais, que descrevem o estado do meio ambiente dentro de uma região.

A vulnerabilidade pode dar indicações sobre a capacidade de uma determinada sociedade se recuperar de eventos que lhe provocam danos, pois quanto maior for a vulnerabilidade, menor a capacidade de lidar com os eventos prejudiciais (ME-BAR; VALDEZ, 2005). Este é um conceito amplo que varia de uma população para outra e que deve incorporar diferentes dimensões (ex. sociais, econômicas, físicas, ambientais, institucionais) pois apresenta múltiplas facetas, por essa razão, sua avaliação deve ser de caráter multidisciplinar (TÁNAGO et al., 2016; ZARAFSHANI et al., 2016; CARDONA, 1993).

A metodologia para avaliar vulnerabilidade aos desastres naturais apresentada por Me-Bar e Valdez (2005), com exemplo de aplicação em situação de seca, é dividida em seis parâmetros (dimensões): escassez de água, escassez de alimentos, exploração ambiental, confiança no comércio, nível de tensão interna e nível de estresse externo. Zarafshani et al. (2012) utilizaram a metodologia de Me-Bar e Valdez (2005) para avaliar a vulnerabilidade à seca dos produtores de trigo no Oeste do Irã, e apresentam uma lista dos parâmetros principais e sub-parâmetros usados no estudo (Tabela 2.1).

Tabela 2.1. Parâmetros e sub-parâmetros utilizados na avaliação da vulnerabilidade

	Parâmetros				
	Econômico	Sócio-cultural	Psicológicos	Técnico	Infraestrutura
Sub-parâmetros	investimentos	acesso fácil a produtos químicos, fertilizantes, sementes melhoradas, etc	assume riscos	acesso aos recursos hídricos	acesso às fontes de informação
	seguro agrícola	agricultura familiar	auto-estima	irrigado ou sequeiro	acesso aos recursos na aldeia
	renda agrícola	unidade social	Auto-superação	método de irrigação	
	preço de commodities agrícolas	formação educacional	paciência	utilização de variedades resistentes à seca	
	sistema de posse de terra	dependência da ajuda do governo	esperança	cultivo padrão (semeio uma ou duas vezes por ano)	
	apoio do governo (acesso ao crédito)	crenças e valores	fatalismo	participação em classes de extensão	
	tamanho de terra	status social		agricultura mecanizada ou tradicional	
	rendas não-agrícolas	participação em instituições locais			
	nº de propriedades de terra	contato com vizinhos, outros agricultores			

Fonte: Adaptado de Zarafshani et al. (2012)

Feitosa et al. (2010) em estudo realizado no Cariri paraibano também avaliaram a vulnerabilidade à seca usando parâmetros principais e sub-parâmetros (Tabela 2.2). Após a tabulação do resultado de entrevistas, o fator de vulnerabilidade foi calculado.

Tabela 2.2. Parâmetros e sub-parâmetros utilizados na avaliação da vulnerabilidade

	Sub-parâmetros		
	Social	Econômico	Tecnologia
Parâmetros	demografia	produção vegetal	uso de tecnologia nas propriedades
	habitação	animais de trabalho	uso de máquinas e equipamentos agrícolas
	consumo de alimentos	animais de produção	
	participação em organizações associativas		
	salubridade rural	verticalização de matéria prima comercializa	
		ção	
		crédito	
		rendimento	
			recursos hídricos
			manejo da
			Caatinga
			exploração de
			espécies nativas
			armazenamento
			redução do
			rebanho
			observação na
			previsão de
			chuvas
			ocupação nas
			estiagens
			educação
			administração
			rural
			histórico das
			secas
			migração

Fonte: Feitosa et al. (2010)

Tánago et al. (2016) realizaram uma revisão de literatura na qual comentam a respeito da existência de uma grande diversidade de metodologias para avaliar a vulnerabilidade à seca, dentre as quais citam exemplos de estudos descritivos que exploram a vulnerabilidade da seca e suas estratégias de enfrentamento, avaliações focadas em um ou vários setores socioeconômicos, estudos que utilizam curvas de vulnerabilidade; fatores naturais e humanos combinados ou não, dentre outros. O estudo afirma que a maioria das definições de vulnerabilidade que foram revisadas tem sua origem nos conceitos de adaptação as mudanças climáticas ou na redução do risco em desastres. Na primeira, a vulnerabilidade é função do caráter, da magnitude e da taxa de variação climática a que um sistema está exposto, sua sensibilidade e sua capacidade de adaptação. Já no segundo o foco é nas características das pessoas ou grupos em termos

de capacidade de antecipar, resistir, lidar e se recuperar do impacto de perigos naturais ou causados pelo homem.

A análise de vulnerabilidade é o processo pelo qual o nível de exposição e susceptibilidade a danos provocados por uma ameaça específica é determinado. A vulnerabilidade é uma condição presente antes do evento, enquanto que a resiliência enfatiza o processo de recuperação, inovação e capacidade de aprender e transformar, focada em eventos futuros, de maneira que a redução da vulnerabilidade contribui para o aumento da resiliência em um sistema (OBERMAIER; ROSA, 2013).

A avaliação da vulnerabilidade pode ser realizada pela associação desta com os impactos causados pela seca de maneira que quanto mais vulnerável for o ambiente tanto mais efeito negativo sofrerá (FRASER et al., 2012; ANTWI-AGYEIET et al., 2012; CHALLINOR et al., 2010; SIMELTON et al., 2009).

A literatura apontam para a relação entre a vulnerabilidade social e a vulnerabilidade a seca, indicando que para diminuir os impactos da seca, a vulnerabilidade social deve ser diminuída, uma vez que as características sociais e econômicas dos atingidos afetam sua vulnerabilidade à seca (ZARAFSHANI et al., 2016; MARCELINO, 2012; BRANT, 2007; KNUTSON et al., 2001; PAUL, 1995).

Uma vez que a vulnerabilidade é fator determinante do impacto de desastres, sua avaliação é necessária para que estes possam ser mitigados ou diminuídos, e também para auxiliar no entendimento da dinâmica dos desastres visando uma melhor preparação para enfrentamentos futuros.

2.9 LITERATURA CITADA

AMADOR, M. B. M.; COUTINHO, W. S. Reflexões sobre a seca em municípios do agreste e sertão pernambucanos. **Revista Científica Anap Brasil**, v. 6, n. 8, p. 75-91. 2013.

American Meteorological Society. Meteorological Drought. Adopted by AMS Council on 23 December 2003. **Bulletin of the American Meteorological Society**, No. 85. Disponível em:< <http://www.ametsoc.org/policy/droughstatementfinal0304.html>>. Acesso em 02 jun. 2014.

ANDRADE, J. A.; NUNES, M. A. Acesso à água no Semiárido Brasileiro: uma análise das políticas públicas implementadas na região. **Revista Espinhaço**. UFVJM, p. 28-39, 2014.

ANDRADE, T. S.; NÓBREGA, R. L. B.; RIBEIRO NETO, A.; GALVÃO, C. O. Estratégias de adaptação e gestão do risco: o caso das cisternas no Semiárido brasileiro. **ClimaCom Cultura Científica**, v. 2, p. 4, 2015.

ANTWI-AGYEI, P.; FRASER, E.; DOUGILL, A.; STRINGER, L.; SIMELTON, E. Mapping the vulnerability of crop production to drought in Ghana using rainfall, yield and socioeconomic data, **Applied Geography**, v. 32, n. 2, p. 324-334, 2012.

ARTICULAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO – ASA. Articulação no Semiárido Brasileiro. **Tecnologias Sociais**. Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br/>>. Acesso em: 07 jun. 2017.

ASSIS, T. R. P. Sociedade civil e a construção de políticas públicas na região semiárida brasileira: o caso do Programa Um Milhão de Cisternas rurais (P1MC). **Revista de Políticas Públicas**, v. 16, p. 179-189, 2012.

BARROS, A. P.; BARBOSA, M. P. Governança e sustentabilidade institucional das políticas de combate à desertificação no Brasil: uma análise comparativa com as instituições e processos globais da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 5, p. 1470-1481, 2015.

BARROSO, L. B.; GASTALDINI, M. C. C. Redução de Vazamentos em um Setor de Distribuição de Água de Santa Maria-RS. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 15, n. 2, p. 27-36, 2010.

BEGUERÍA, S.; VICENTE-SERRANO, S. M.; ANGULO-MARTÍNEZ, M. A. Multiscalar Global Drought Dataset: The SPEI base – A new gridded product for the analysis of Drought variability and impacts, **Bulletin of the American Meteorological Society**, doi:10.1175/2010BAMS 2988.1, 2010.

BEGUERÍA, S.; VICENTE-SERRANO, S. M.; REIG, F.; LATORRE, B. Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) revisited: parameter fitting, evapotranspiration models, tools, datasets and drought monitoring, **International Journal of Climatology**, doi: 10.1002/joc.3887, 2014.

BELAL, Abdel-Aziz et al. Drought risk assessment using remote sensing and GIS techniques. **Arabian Journal of Geosciences**, p. 1-19, 2014.

BHUIYAN, C., SINGH, R. P., KOGAN, F. N. Monitoring drought dynamics in the Aravalli region (India) using different indices based on ground and remote sensing data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**. v. 8, p. 289-302, 2006.

BRANT, S. **Assessing the vulnerability to drought in Ceará, Northeast Brazil**. Tese de Doutorado. Natural Resources and Environment. University of Michigan. 55 f. 2007.

BRASIL. “**Observatório da Seca: Ações emergenciais**”. 2014. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/observatoriodaseca/index.html>>. Acesso em: 01 jun de 2014.

_____. **Decreto nº 7535**, de 26 de julho de 2011. Institui o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Água -“ÁGUA PARA TODOS”. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Decreto/D7535.htm>.

_____. **Lei nº 13.153**, de 30 de julho de 2015 Lei nº 13.153, de 30 de julho de 2015. Institui a Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca e seus instrumentos; prevê a criação da Comissão Nacional de Combate à Desertificação; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13153.htm>. Acesso em: 16 de maio de 2017.

_____. **Lei nº 7.827**, de 27 de setembro de 1989. Regulamenta o art. 159, inciso I, alínea c, da Constituição Federal, institui o Fundo Constitucional de Financiamento do Norte - FNO, o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste - FNE e o Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste - FCO, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7827.htm>. Acesso em: 16 de maio de 2017.

_____. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Anuário brasileiro de desastres naturais: 2013**. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. Brasília: 45 CENAD, 106 p, 2014. Disponível em: <<http://www.integracao.gov.br/defesa-civil/publicacoes>>. Acesso em: 02 jun. 2017.

_____. **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil**. MMA, Secretaria de Recursos Hídricos, Universidade Federal da Paraíba; Marcos Oliveira Santana, (Org). Brasília. Ministério Meio Ambiente, 2007.

BRITO, F. C.; LIMA, D. C.; DE SOUSA, J. D.; DE MEDEIROS, A. C.; MARACAJA, P. B.; DE PAIVA, A. C. C.; DE MEDEIROS, A. P. Uma abordagem histórica e teórica das políticas públicas de combate à seca e convivência com o semiárido. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 57-65, 2017.

CAMPOS, J. N. B. Vulnerabilidades hidrológicas do semi-árido às secas. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 16, 1997.

_____. Secas e políticas públicas no semiárido: ideias, pensadores e períodos. **Estudos Avançados**, v. 28, n. 82, p. 65-88, 2014.

CAMPOS, J. N. B; STUART, T. M. C. Secas no Nordeste do Brasil: origens, causas e soluções. In: **IV Diálogo Interamericano de Gerenciamento de Águas**, 2001, Foz do Iguaçu. IV Diálogo Interamericano de Gerenciamento de Águas. Porto Alegre: ABRH, 2001.

CARDONA, O. D. Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. Elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo, In: A. Maskrey (Org.). **Los desastres no son naturales**. LA RED de estudios sociales. Bogotá: Tercer Mundo Editores. 1993. p. 51–74.

CARVALHO, J. R. M.; CURI, W. F.; CURI, R. C. Uso da análise multicritério na construção de um índice de sustentabilidade hidroambiental: estudo em municípios

paraibanos. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**. v. 9, n. 2, p. 3-26, 2013.

CHALLINOR, A. J.; SIMELTON, E. S.; FRASER, E. D. G.; HEMMING, D.; COLLINS, M. (2010). Increased crop failure due to climate change: assessing adaptation options using models and socio-economic data for wheat in China. **Environmental Research Letters**, v. 5, p. 1-8 doi:10.1088/1748-9326/5/3/034012, 2010.

CHOI, M.; JACOBS, J. M.; ANDERSON, M. C.; BOSCH, D. D. Evaluation of drought indices via remotely sensed data with hydrological variables. **Journal of Hydrology**. n. 476, p. 265-273, 2013.

COSTA, J. R. S.; **Análise da vulnerabilidade e gestão de risco a desastres por inundação em municípios do vale do Açu/RN**. 2012. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental)- Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

DING, Y.; HAYES, M. J.; WIDHALM, M. Measuring economic impacts of drought: a review and discussion. **Disaster Prevention and Management**, v.20, n. 4, p. 434-446, 2011.

DINIZ, P. C. O.; LIMA, J. R. T.. Mobilização social e ação coletiva no Semiárido Brasileiro: convivência, agroecologia e sustentabilidade. **Redes**, v. 22, n. 2, 2017.

DU, L.; TIAN, Q.; YU, T.; MENG, Q.; JANCISO, T.; UDVARDY, P.; HUANG, Y. A. Comprehensive drought monitoring method integrating MODIS and TRMM data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, n. 23, p. 245-253, 2013.

EIRÓ, F.; LINDOSO, D. Reinvenção de Práticas Clientelistas no Programa Um Milhão de Cisternas-P1MC. **Ciência e Sustentabilidade**, v. 1, n. 1, p. 62-76, 2015.

FAVERO, E.; SARRIERA, J. C. Disaster Perception, Self-efficacy and Social Support: Impacts of Drought on Farmers in South Brazil. **International Journal of Applied Psychology**, v. 2, p. 126-136, 2012.

FEITOSA, P. H. C.; ANDRADE, K. S.; BARBOSA, M. P.; RIBEIRO, G. N. Estudo comparativo das vulnerabilidades no cenário seca/desertificação em municípios do semiárido brasileiro e norte de Portugal. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, p. 01-09, 2010.

FERNANDES, D. S.; HEINEMANN, A. B. Estimativa da variação da produtividade do arroz em 46 diferentes escalas temporais do índice SPI. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p. 335-343, 2011.

FERNANDES, D. S.; HEINEMANN, A. B.; PAZ, DA R. L.; AMORIM, A. O.; CARDOSO, A. S. **Índices para a quantificação da seca**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009 (Documento Técnico).

FERREIRA, E. P.; Brito, L. D. L.; Cavalcanti, N. D. B.; Neto, F. R. Cisternas de produção para melhoria da qualidade de vida no Semiárido do estado de Pernambuco.

Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 10, n. 4, p. 13-19, 2015.

FONTAINE, M. M.; STEINEMANN, A. C.; HAYES, M. J. State Drought Programs and Plans: Survey of the Western United States. **Natural Hazards Review**, v. 15, n. 1, p. 95-99, 2014.

FRASER, E. D. G.; SIMELTON, E.; TERMANSEN, M.; GOSLING S.; SOUTH, A. "Vulnerability hotspots": integrating socio-economic and hydrological models to identify where cereal production may decline due to climate change induced drought. **Centre for Climate Change Economics and Policy Working**, n. 83. 2012.

GUMBEL, E. J. Statistical forecast of droughts. **International Association of Scientific Hydrology**. v. 8, n.1, p. 5-23, doi: 10.1080/02626666309493293, 1963.

HAYES, M.; SVODOBA, M.; WALL, N.; WIDHALM, M. The Lincoln declaration on drought indices: universal meteorological drought index recommended. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 92, n. 4, p. 485-488, 2011.

HEIM, R. R. A review of twentieth-century drought indices used in the United States. **Bulletin of the American Meteorological Society**, n. 83, p. 1149-1165, 2002.

HISDAL, H. E TALLAKSEN, L. M. Estimation of regional meteorological and hydrological drought characteristics: a case study for Denmark, **Journal of Hydrology**, v. 281, 230–247, 2003.

HULME, M.; MARSH, R.; JONES, P. D. Global changes in a humidity index between 1931– 60 and 1961–90. **Climate Research**, v. 2, p. 1–22, 1992.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>>. Acesso em: 11 out de 2014.

INDIA, M. O. A. **Manual for Drought Management**. Department of Agriculture and Cooperation, Ministry of Agriculture, Government of India, New Delhi, 2009.

IPCC. **Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge and New York: Cambridge University Press, 2012. 582 p.

JAIN, V. K.; A.M. ASCE; JAIN, M. K.; PANDEY, R. P. Effect of the Length of the Streamflow Record on Truncation Level for Assessment of Streamflow Drought Characteristics. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 19, p. 1361-1373, 2014.

KALLIS, G. Droughts. **Annual Review of Environment and Resources**. v. 33, p. 85-118, 2008.

KARNIELI, A.; AGAM, N.; PINKER, R. T.; ANDERSON, M.; IMHOFF, M. L.; GUTMAN, G. G.; PANOVA, N.; GOLDBERG, A. Use of NDVI and Land Surface Temperature for Drought Assessment: Merits and Limitations. **Journal of Climate**, v. 23, p. 618 – 633. 2010.

- KESHAVARZ, M., KARAMI, E., VANCLAY, F. The social experience of drought in rural Iran. **Land Use and Policy**, v. 30, p. 120-129. 2013.
- KEYANTASH, J., DRACUP, J.A. The quantification of drought: an evaluation of drought indices. **Bulletin of the American Meteorological Society**, n. 83, p. 1167–1180, 2002.
- KIM DO-WOO, BYUN, HI-RYONG, CHOI, KI-SEON. Evaluation, modification, and application of the Effective Drought Index to 200-year drought climatology of Seoul, Korea. **Journal of Hydrology**, v. 378, p. 1–12, 2009.
- KNUTSON, C. L.; BLOMSTEDT, M. L.; SLAUGHTER, K.. Results of a Rapid Appraisal Study: Agricultural Producers' Perceptions of Drought Vulnerability and Mitigation--Howard County, Nebraska. **Drought Network News (1994-2001)**, p. 20, 2001.
- KOGAN, F. N. Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. **Advances in Space Research**, v. 15, n. 11, p. 91–100, 1995.
- LIRA, S. M. Os desafios da região Nordeste no contexto das políticas sociais. **Movimentos Sociais e Dinâmicas Espaciais**, v. 01, p. 141-152, 2012.
- LÓPES-MORENO, J. I.; S. M. VICENTE-SERRANO, S. BEGUERÍ A, J. M. GARCÍA-RUIZ, M. M. Portela, and A. B. Almeida, 2009: Dam effects on droughts magnitude and duration in a trans-boundary basin: The Lower River Tagus, Spain and Portugal. **Water Resources Research**, v. 45, W02405, doi:10.1029/2008WR007198, 2009.
- LORENZO-LACRUZ J.; VICENTE-SERRANO, S. M.; LÓPEZ-MORENO, J. I.; BEGUERÍA, S.; GARCÍA-RUIZ, J. M; CUADRAT, J. M. The impact of droughts and water management on various hydrological systems in the headwaters of the Tagus River (central Spain). **Journal of Hydrology**, v. 386, p. 13-26, 2010.
- MANCAL, A.; LIMA, P. V. P. S; KHAN, A. S.; MAYORGA, M. I. O.; À espera da seca que vem: capacidade adaptativa em comunidades rurais do semiárido. **Revista Brasileira de Estudos da População**, Rio de Janeiro, v.33, n.2, p.257-281, maio/ago. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.20947/s0102-30982016a0012>>.
- MARCELINO, R. **Riscos e vulnerabilidades da Bacia Hidrográfica de Santa Luzia-PB**. Tese de Doutorado: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande. 137 f. 2012.
- MC GUIRE, A.; PALMER, W. C. The 1957 drought in The Eastern United States”, Monthly Weather Review. **American Meteorological Society**, p. 305-314, 1957.
- MCKEE, T. B., DOESKEN, N. J., KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: **Proceedings of Eighth Conference on Applied Climatology**, Anaheim, California, 1993. Disponível em:<http://clima1.cptec.inpe.br/~rclima1/pdf/paper_spi.pdf>. Acesso em 18 de set. 2014.

- ME-BAR, Y.; VALDEZ, F. On the vulnerability of the ancient Maya society to natural threats. **Journal of archaeological science**, v. 32, n. 6, p. 813-825, 2005.
- MEDEIROS, S. S.; REIS, C. F.; SALCEDO, I. H. MARIN, A. M.; SANTOS, D. B.; BATISTA, R. O.; JÚNIOR, J. A. S. **Abastecimento urbano de água: panorama para o semiárido brasileiro**. Campina Grande: INSA, 2014. 93p.
- MISHRA, A. K., DESAI, V. R., SINGH, V. P. Drought forecasting using a hybrid stochastic and neural network model. **Journal of Hydrologic Engineering**. v. 12, n. 6, p. 626–638, 2007.
- MISHRA, A. K.; SINGH, V. P. A review of drought concepts. **Journal of Hydrology**, v. 391, p. 202-216, 2010.
- MONACELLI, G.; GALLUCCIO, M. C.; ABBAFATI, M. Drought assessment and forecasting. World Meteorological Organization Report: Drought within the context of the region VI, WGH/RA VI /Doc. 8. 2005. Disponível em: <<https://www.wmo.int/pages/prog/hwrr/documents/regions/DOC8.pdf>>. Acesso em 18 de set. 2014.
- NALBANTIS, I. Evaluation of a hydrological drought index. **European Water**, v. 23, n. 24, p. 67–77, 2008.
- NALBANTIS, I.; TSAKIRIS, G. Assessment of hydrological drought revisited. **Water Resources Management**, v. 23, n. 5, p. 881–897, 2009.
- NATIONAL DROUGHT MITIGATION CENTER – NDMC. **Types of Drought Impacts**. Disponível em <<http://drought.unl.edu/DroughtforKids/HowDoesDroughtAffectOurLives/TypesofDroughtImpacts.aspx>> Acesso em 07 julho 2017.
- NASCIMENTO, F. R. Os semiáridos e a desertificação no Brasil. **Rede – Revista Eletrônica do Prodema**, v. 9, n. 2, p. 07-26, 2015.
- NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. **Advanced Very High Resolution Radiometer – AVHRR**. Disponível em: <<http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/avhrr.html>>. Acesso em 15 de dez. 2014.
- OBERMAIER, M.; ROSA, L. P. Mudança climática e adaptação no Brasil: uma análise crítica. **Estudos Avançados**, v. 27, n. 78, p. 155-176, 2013.
- PADHEE, S. K. **Agricultural drought assessment under irrigated and rainfed conditions**. 2013. 104 f. Tese (Master of Technology in Remote Sensing and GIS)-Indian Institute of Remote Sensing, Andhra University, Uttarakhand, India, 2013.
- PALMER, W. C. Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: The new crop moisture index. **Weatherwise**, v. 21, p. 156–161, 1968.
- PALMER, W. C. Meteorological drought. **U. S. Department of Commerce**, Washington, Research Paper n. 45, p. 1-65, 1965.

PAN BRASIL. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília – DF. p. 213. 2005.

Paul, B. K. **Farmers' and Public Responses to the 1994–1995 Drought in Bangladesh: A Case Study**. 1995. Disponível em: <http://scholarcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1078&context=fmhi_pub> Acesso em julho de 2017.

PEREIRA, L. S. Introdução à gestão do risco em secas. In: Pereira, L. S, Mexia, J. T, Pires, C. A (Eds) **Gestão do Risco em Secas: Métodos, Tecnologias e Desafios**. Lisboa: Edições Colibri e CEER, 2010. p. 03-11.

POTOP, V.; MOŽNÝ, M.; SOUKUP, J. Drought evolution at various time scales in the low land regions and their impact on vegetable crops in the Czech Republic. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 156, p. 121-133. 2012.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de textos, 2004.

SANTOS, R. S.; COSTA, L. C.; SEDIYAMA, G. C.; LEAL, B. G.; OLIVEIRA, R. A.; JUSTINO, F. B. Avaliação da relação seca/produzitividade agrícola em cenário de mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.26, n. 2, p. 313-321, 2011.

SHAFFER, B. A.; DEZMAN, L. E. Development of a surface water supply index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snow pack run-off areas. In: **Western Snow Conference**, 50, Reno, Nevada. Proceedings of the annual meeting. 1982.

SHUKLA, S.; WOOD, A. W. Use of a standardized runoff index for characterizing hydrologic drought. **Geophysical Research Letters**, v. 35, L02405, doi:10.1029/2007GL032487, 2008.

SIMELTON, E.; FRASER, E. D. G.; TERMANSSEN, M.; FORSTER, P.M.; DOUGILL, A. J. Typologies of crop-drought vulnerability: An empirical analysis of the socio-economic factors that influence the sensitivity and resilience to drought of three major food crops in China (1961-2001). **Environmental Science and Policy**, v. 12, p. 438-452, 2009.

SILVA, J. B.; GUERRA, L. D.; IORIS, A. A.; GOMES, R. A. Conflitos sociopolíticos, recursos hídricos e programa um milhão de cisternas na região semiárida da Paraíba. **Novos Cadernos NAEA**, v. 18, n. 2, 2015.

SILVEIRA, S. M. B.; CORDEIRO, R. L. M.; CLEMENTE, F. S. A condução das políticas hídricas para o Semiárido Brasileiro: a ação do Estado e as lutas sociais **Emancipação**, v. 14, n. 2, p. 249-260, 2014. Doi: 10.5212/Emancipacao. v. 14i2. 0006.

SOUZA FILHO, F. A. Variabilidades e mudanças climáticas nos semi-áridos brasileiros. In: **Clima e recursos hídricos no Brasil**. TUCCI, C. E. M.; BRAGA, B. Porto Alegre: ABRH, Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 9, 2003. p 77-106.

TADDEI, R.; GAMBOGGI, A. L. Introdução. In: TADDEI, R.; GAMBOGGI, A. L. (Orgs.). **Depois que a chuva não veio respostas sociais às secas no Nordeste, na Amazônia e no Sul do Brasil**. Fortaleza: FUNCEME/CIFAS, 2010. p. 7-30.

TÁNAGO, I. G.; URQUIJO, J.; BLAUHUT, V.; VILLARROYA, F.; DE STEFANO, L. Learning from experience: a systematic review of assessments of vulnerability to drought. **Natural Hazards**, v. 80, n. 2, p. 951-973, 2016.

TELESCA, L.; VICENTE-SERRANO, S. M.; LÓPEZ-MORENO, J. I. Power spectral characteristics of drought indices in the Ebro river basin at different temporal scales. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v. 27, n. 5, p. 1155-1170, 2013.

UNCCD, ASSEMBLY, UN General. Elaboration of an International Convention to Combat Desertification in countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa. **A. AC**, v. 241, p. 27, 1994.

UNDRO. **Natural Disasters and Vulnerability Analysis**, Report of Experts Group Meeting, Geneva, July 1979.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION - UNISDR: **Terminología sobre reducción del riesgo de desastres**, 2009. Disponível em: <http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf>. Acesso em 16 set. 2014.

_____. **Living with Risk: A global review of disaster reduction initiatives**. Vol. II – Annexes. Geneva: UNISDR, 2004.

VICENTE-SERRANO, S. M.; BEGUERÍA, S.; LORENZO-LACRUZ, J.; CAMARERO, J. J.; LÓPEZ-MORENO, J. I.; AZORIN-MOLINA, C.; REVUELTO, J.; MORÁN-TEJEDA, E.; SANCHEZ-LORENZO, A. Performance of Drought Indices for Ecological, Agricultural, and Hydrological Applications. **Earth Interactions**, v. 16, n. 10, p. 1-28, 2012a.

VICENTE-SERRANO, S. M. V.; BEGUERÍA, S.; GIMENO, L.; EKLUNDH, L.; GIULIANI, G.; WESTON, D.; EL KENAWY, A.; LÓPEZ-MORENO, J. I.; NIETO, R.; AYENWEH, T.; KONTE, D.; ARDÖ, J.; PEGRAM, G. G. S. Challenges for drought mitigation in Africa: The potential use of geospatial data and drought information systems. **Applied Geography**, n.34, p. 471-486. 2012b.

VICENTE-SERRANO, S. M.; BEGUERÍA, S.; LÓPEZ-MORENO, J. I. A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. **Journal of Climate**, v. 23, p.1696-1718, 2010.

VICENTE-SERRANO, S. M.; GOUVEIA, C.; CAMARERO, J. J.; BEGUERIA, S.; TRIGO, R.; LOPEZ-MORENO, J. I.; AZORIN-MOLINA, C.; PASHO, E.; LORENZO-LACRUZ, J.; REVUELTO, J.; MORAN-TEJEDA, E.; SANCHEZ-LORENZO, A. Response of vegetation to drought time-scales across global land biomes. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.110, n. 1, p. 52-57, 2013.

VIVAS, E. **Avaliação e gestão de situações de seca e escassez. Aplicação ao caso do Guadiana**. 2011. Tese (Doutoramento em Engenharia Civil)- Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2011.

WILHITE, D. A. Breaking the Hydro-Illogical Cycle: Progress or Status Quo for Drought Management in the United States. **European Water**, n. 34, p. 3-16, 2011.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO) and GLOBAL WATER PARTNERSHIP (GWP) (2014) National Drought Management Policy Guidelines: A Template for Action (D.A. Wilhite). Integrated Drought Management Programme (IDMP) Tools and Guidelines Series 1. WMO, Geneva, Switzerland and GWP, Stockholm, Sweden.

YEVJEVICH, V. M. An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts. Hydrologic Paper No.23. Fort Collins, Colorado State University, CO, 1967.

ZAIDMAN, M. D.; REES, H. G.; YOUNG, A. R. Spatio-temporal development of streamflow droughts in north-west Europe. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 5, n. 4, p.733–751, 2001.

ZARAFSHANI, K.; SHARAFI, L.; AZADI, H.; HOSSEININIA, G.; MAEYER,P.; WITLOX, F. Drought vulnerability assessment: the case of wheat farmers in Western Iran. **Global and Planetary Change**, v. 98, n. 99, p.122–130, 2012.

ZARAFSHANI, K.; SHARAFI, L.; AZADI, H.; VAN PASSEL, S. Vulnerability Assessment Models to Drought: Toward a Conceptual Framework. **Sustainability**, v. 8, n. 6, p. 588, 2016.

ZARGAR, A.; SADIQ, R.; NASER, B.; KHAN, F. I. A review of drought indices. **Environmental Reviews**, v. 19, n. NA, p. 333-349, 2011.

ZHUGUO, M.; CONGBIN, F. Interannual characteristics of the surface hydrological variables over the arid and semi-arid areas of northern China. **Global and Planetary Change**, v. 37, p. 189–200, 2003.

CAPÍTULO III

ÍNDICES PARA MONITORAR SECAS NO CARIRI PARAIBANO

RESUMO: A seca é um fenômeno natural cíclico que traz, além das implicações climáticas, dificuldades socioambientais para a região atingida. Seu monitoramento é fundamental para compor sistemas de alertas e orientar o momento correto para executar ações de preparação e mitigação dos efeitos negativos das secas. O monitoramento da seca pode ser feita tanto utilizando informações adquiridas de estações climatológicas quanto fazendo uso de produtos de sensoriamento remoto. Este trabalho teve como objetivo avaliar o uso do SPEI e do VCI para monitorar a seca na região do Cariri Paraibano e concluiu que esses índices apresentam bom potencial para acompanhar o desenvolvimento de secas na região.

PALAVRAS-CHAVE: severidade da seca, sensoriamento remoto, semiárido

USE OF INDICES FOR MONITORING DROUGHT IN MUNICIPALITIES OF CARIRI PARAIBANO

ABSTRACT: Drought is a cyclical natural phenomenon that brings, in addition to the climatic implications, social-environmental difficulties for the affected region. Its monitoring is fundamental to compose alerts systems and guide the correct time to perform actions to preparation and mitigation the negative effects of droughts. Drought monitoring can be done either using information acquired from weather stations or by using remote sensing products. This study evaluated the use of SPEI and VCI to monitor drought in the region of Cariri Paraibano and concluded that they have good potential to accompany the development of droughts in the region.

KEYWORDS: drought severity, remote sensing, semiarid

3.1 INTRODUÇÃO

A seca pode ser considerada como um dos desastres naturais que mais afeta negativamente as pessoas no mundo. Esses efeitos negativos são maximizados pela vulnerabilidade social das áreas atingidas, agravando as perdas econômicas e ambientais (NÚÑEZ et al., 2014). Paralelo a esse fato, existe um significativo avanço do conhecimento científico quanto à caracterização, monitoramento e avaliação de secas, e desenvolvimento de modelos de gestão utilizados para conviver com esse fenômeno.

A AMS (2003) classifica as secas em meteorológica, agrícola, hidrológica e socioeconômica, sendo os baixos índices pluviométricos a principal razão que as geram. O desenvolvimento lento da seca é um fator complicador para determinar seu início, no entanto, se o padrão de desenvolvimento da seca puder ser determinado em seus estágios iniciais, haverá tempo para que os decisores tomem medidas de preparação para lidar com o seu agravamento.

Nesse contexto o uso de índices de secas é importante para monitorar seu início e desenvolvimento assim como para compor sistemas eficientes de alerta de secas (KIM et al., 2009). Sua análise fornece informações importantes que podem ser usadas para melhorar as estratégias de gestão dos recursos hídricos, proteção ambiental, planos de produção agrícola, e outros impactos econômicos (GOCIC; TRAJKOVIC, 2013).

O monitoramento da seca pode ser feito com base em índices padronizados permitindo a comparação das condições hídricas de diferentes áreas. Tais quantificadores hídricos podem ser usados em políticas públicas como parâmetro para auxiliar na tomada de decisão quanto à adoção ou suspensão de ações de gestão da seca.

Dentre os índices de seca disponíveis, o índice de precipitação-evapotranspiração padronizado (do inglês, *Standardized Precipitation Evapotranspiration Index* - SPEI) vem sendo amplamente utilizado pela comunidade científica para o estudo das secas em todo o mundo, por exemplo na Austrália (ALLEN et al., 2011); Europa (POTOP et al., 2012); China (TONG et al., 2017); Coreia do Sul (NAM et al., 2015); Brasil (CANAMARY, 2015; GOERGEN et al., 2013) dentre outros.

O SPEI, desenvolvido em 2010 (VICENTE-SERRANO et al. 2010), realiza um balanço hídrico simplificado a partir dos dados de precipitação e evapotranspiração potencial. É de cálculo simples e permite a realização de análises em diversas escalas de tempo.

Dados obtidos a partir do sensoriamento remoto também têm sido empregados com o propósito de monitorar secas. Entre as vantagens desse tipo de dado está a cobertura de áreas que, muitas vezes, não possuem densidade de estações meteorológicas suficiente. O sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), a bordo dos satélites Terra e Aqua, tem desempenhado um papel cada vez mais importante no monitoramento e avaliação de secas, pois fornece, através de seus produtos, informação espectral rica com curto ciclo de revisita, e de ao fácil acesso aos dados.

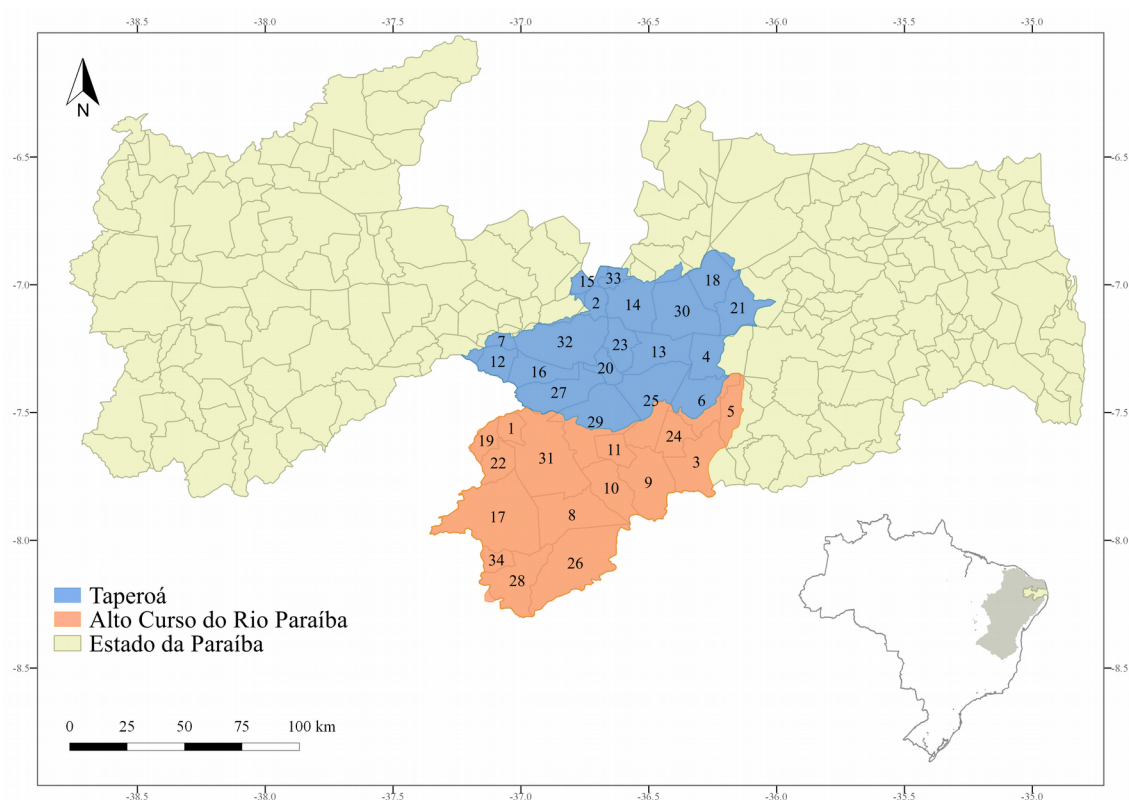
O índice de condição da vegetação (VCI), baseado nos dados de NDVI, tem sido usado no estudo da seca e demonstrado eficiência na sua detecção e mensuração (PARVIZ, 2016; HAO et al., 2015; BELAL et al., 2014; DU et al., 2013; ROJAS et al., 2011).

O presente estudo avaliou o potencial do uso de índices que utilizam dados de estação climatológica e sensoriamento remoto para monitorar a ocorrência de seca nos municípios da sub-bacia do Rio Taperoá e alto curso do Rio Paraíba – PB.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo compreende municípios pertencentes às bacias do Alto Curso do Rio Paraíba e Rio Taperoá (Figura 3.1). A região apresenta temperaturas elevadas, fracas amplitudes térmicas, chuvas com grande variabilidade espacial e temporal, a economia é baseada na agropecuária extensiva, principalmente gado e caprino, e praticada em pequenas propriedades familiares (ALVES et al., 2015; PEREIRA; ALCÂNTARA, 2015).



1 Amparo	10 Congo	19 Ouro Velho	28 S. S.do Umbuzeiro
2 Assunção	11 Coxixola	20 Parari	29 Serra Branca
3 B. São Miguel	12 Desterro	21 Pocinhos	30 Soledade
4 Boa Vista	13 Gurjão	22 Prata	31 Sumé
5 Boqueirão	14 Juazeirinho	23 Santo André	32 Taperoá
6 Cabaceiras	15 Junco do Seridó	24 S. Domingos do Cariri	33 Tenório
7 Cacimbas	16 Livramento	25 S. João do Cariri	34 Zabelê
8 Camalaú	17 Monteiro	26 S. João do Tigre	
9 Caraúbas	18 Olivedos	27 S. José dos Cordeiros	

Figura 3.1: Estado da Paraíba com destaque para a bacia do Taperoá e Alto curso do Rio Paraíba.

Fonte: A autora a partir das shapes disponíveis no <http://www.visualizador.inde.gov.br/> e <http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/index.php>

Dados

O índice de condição de vegetação (VCI - Vegetation Condition Index) (KOGAN, 1995) é estimado a partir do escalonamento dos valores de NDVI. Neste estudo foi utilizada a composição mensal do NDVI com 1 km de resolução (MOD 13A3, coleção v005), para o intervalo de tempo de 2000 – 2015, obtida a partir do banco de dados mantido pela NASA EOSDIS *Land Processes Distributed Active Archive Center* no USGS/*Earth Resources Observation and Science Center*, Sioux Falls, Dakota do Sul.

$$VCI = (NDVI - NDVI_{MIN}) / (NDVI_{MAX} - NDVI_{MIN}) \quad \text{Eq. 1}$$

O VCI é expresso em percentual (%). Valores entre 50 a 100% indicam condições normais para a vegetação, valores entre 35 a 50% representam seca moderada, e os abaixo de 35% indicam seca severa (KOGAN, 1995).

Dados mensais de temperatura média e totais precipitados para o período de 1963 a 1984 e 1995 a 2015 foram obtidos para os municípios da área de estudo a partir do sistema de informações da Agência Nacional de Águas – ANA (<http://hidroweb.ana.gov.br/>). Esses dados foram usados na estimativa do SPEI utilizando o SPEI-package (BEGUERÍA et al., 2014) para o software R Project for Statistical Computing environment (R CORE TEAM, 2017) versão v.3.3.0. O método utilizado para estimativa da evapotranspiração de referência foi Thornthwaite (THORNTHWAITE, 1948), e a distribuição de probabilidade para a qual os dados do balanço hídrico foram ajustados foi a log-Logística, conforme sugerido por (BEGUERÍA et al., 2014). O SPEI pode ser estimado para várias escalas temporais, sendo neste estudo utilizadas as escalas de 3 meses, considerando a seca de curto prazo, e 12 meses para a seca de longo prazo.

O SPEI tem valor negativo para a seca e positivo para condições úmidas. À medida que as condições secas ou úmidas se tornam mais severas, o índice torna-se mais negativo ou mais positivo. A classificação da seca, baseada no SPEI, é mostrada na Tabela 3.1.

Tabela 3.1. Categorias de secas de acordo com o SPEI

Classe	SPEI
Úmido	≥ 0
Seca média	0 a -0,99
Seca moderada	-1,00 a -1,49
Seca severa	-1,5 a -1,99
Seca extrema	$\leq -2,00$

(Fonte: BEGUERÍA et al., 2010)

Foi testada a existência de diferença estatística significativa entre os índices SPEI-3 (seca de curto prazo), SPEI-12 (seca de longo prazo) e VCI (seca de curto prazo). Como os índices SPEI e VCI apresentam escalas de valores diferentes, os resultados foram padronizados e, antes do teste de significância, o teste de Shapiro-Wilk foi realizado para verificar a normalidade dos dados. Os dados revelaram ausência de normalidade. Consequentemente, o teste de Kruskal-Wallis foi empregado para realizar

o teste de significância. O teste foi realizado com 95% de nível de confiança. O Pacote Estatístico R Project for Statistical Computing environment (R CORE TEAM, 2017) versão v.3.3.0 foi utilizado para realizar o teste. A hipótese nula testada (H_0) foi a de que não há diferença entre os índices de seca na área de estudo para o período de 2000 a 2015.

Os parâmetros estatísticos da precipitação mensal de cada estação, assim como o número de anos considerados na análise, são sumarizados na Tabela 3.2. Todos os municípios apresentaram coeficientes de variação altos, um indicativo da alta variabilidade da precipitação em torno da média e da presença de valores extremos no conjunto de dados, o que é típico para a região. Os maiores coeficientes de variação são observados nas estações de Caraúbas (176,57%), Congo (178,16%) e São João do Tigre (170,11%). Silva Costa et al. (2015) estudando as tendências em extremos de precipitação sobre a região Semiárida observaram a grande variabilidade desses eventos na região, assim como a não existência de uma distribuição sazonal homogênea.

Tabela 3.2. Parâmetros estatísticos da precipitação mensal

		Área de Estudo	N de anos (unid.)	Máx (mm)	Média (mm)	Desv. Padrão (mm)	CV (%)
1	Amparo	ACRP	18	405,10	48,13	67,99	141,26
2	Boa Vista	SBT	66	449,60	34,41	46,73	135,80
3	Boqueirão	ACRP	54	388,70	37,64	51,29	136,23
4	Barra de São Miguel	ACRP	51	304,20	34,12	50,25	147,29
5	Cabaceiras	SBT	89	386,00	28,29	43,23	152,81
6	Camalaú	ACRP	54	428,00	43,82	68,05	155,29
7	Caraúbas	ACRP	83	411,40	30,96	54,66	176,57
8	Congo	ACRP	51	550,30	38,98	69,45	178,16
9	Coxixola	ACRP	54	461,00	40,20	63,33	157,55
10	Gurjão	SBT	52	425,00	38,11	59,98	157,39
11	Juazeirinho	SBT	53	490,90	40,99	62,44	152,35
12	Junco do Seridó	SBT	23	520,60	46,80	67,07	143,31
13	Monteiro	ACRP	42	395,90	53,08	65,29	123,02
14	Olivedos	SBT	83	374,10	37,37	54,00	144,52
15	Parari	SBT	16	396,00	48,95	72,06	147,21
16	Pocinhos	SBT	89	341,30	32,47	42,17	129,87
17	Prata	ACRP	51	497,70	54,81	79,39	144,84
18	Santo André	SBT	38	535,90	43,83	66,74	152,28
19	São Domingos do Cariri	ACRP	18	337,40	38,62	54,34	140,69

20	Serra Branca	SBT	52	454,40	42,45	67,68	159,42
21	São João do Cariri	SBT	29	469,90	40,54	62,18	153,39
22	São José dos Cordeiros	SBT	50	468,60	43,61	72,92	167,23
23	São João do Tigre	ACRP	79	726,40	39,09	66,49	170,11
24	Soledade	SBT	96	398,20	33,31	52,73	158,32
25	São Sebastião Umbuzeiro	ACRP	54	435,30	46,52	64,48	138,62
26	Sumé	ACRP	76	523,90	45,50	70,91	155,85
27	Taperoá	SBT	90	848,00	45,32	74,79	165,05
28	Tenório	SBT	17	489,30	43,51	68,59	157,64

ACRP: Alto Curso do Rio Paraíba

SBT: Sub-bacia do Rio Taperoá

CV: Coeficiente de Variação

Fonte: A autora a partir dos dados de precipitação disponíveis no sistema de informações da Agência Nacional de Águas – ANA (<http://hidroweb.ana.gov.br/>)

Na Figura 3.2 observa-se a distribuição intra-anual da precipitação pluvial nas duas sub-bacias e a grande semelhança no comportamento pluviométrico delas. Apenas no mês de março percebe-se um incremento na precipitação ocorrida no ACRP em comparado com a SBT.

Também é observado que a quadra chuvosa na região abrange os meses de fevereiro a maio, fato já bastante comentado por outros estudos nessa região (MEDEIROS et al., 2015; MENEZES et al., 2008). Neste trabalho, a quadra chuvosa é tratada como estação chuvosa, uma vez que esses quatro meses são os que apresentam os maiores totais quadrimestrais de precipitação pluvial. Como os índices de seca foram estimados mensalmente, utilizou-se a média dos valores observados na quadra chuvosa para compor o índice anual, que foi usado na caracterização da seca nos municípios.

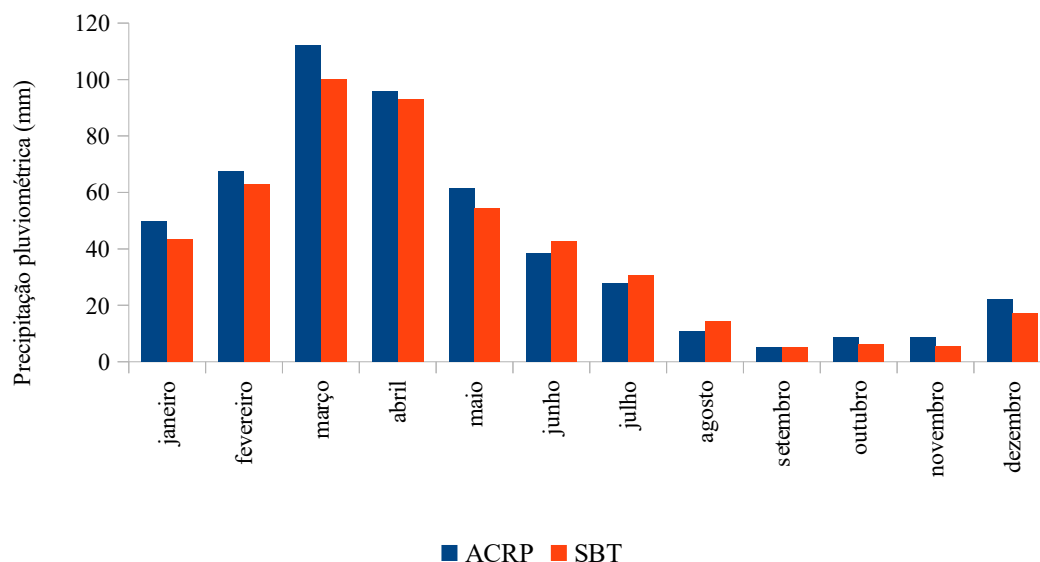


Figura 3.2: Distribuição mensal da precipitação pluvial média para as SBT e ACRP.

Fonte: A autora a partir dos dados de precipitação disponibilizados pela ANA (<http://hidroweb.ana.gov.br/>)

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As séries temporais de chuva tornaram possível a estimativa do SPEI em 28 dos 34 municípios que compõem a área de estudo, os demais não possuíam dados suficientes. Já o VCI foi estimado para todos os municípios. A Figura 3.3 apresenta a variação dos índices para os anos em que há disponibilidade de informação; observa-se que eles possuem o mesmo padrão de comportamento em todos os municípios.

Nos gráficos é possível notar a diminuição dos valores dos índices nos anos de 1998 e 2012, reconhecidos como sendo de secas severas no semiárido brasileiro. Também é possível observar a existência de outros anos como 1963, 1980, 1987, 1993 e 2003, em que também foram observadas secas na região.

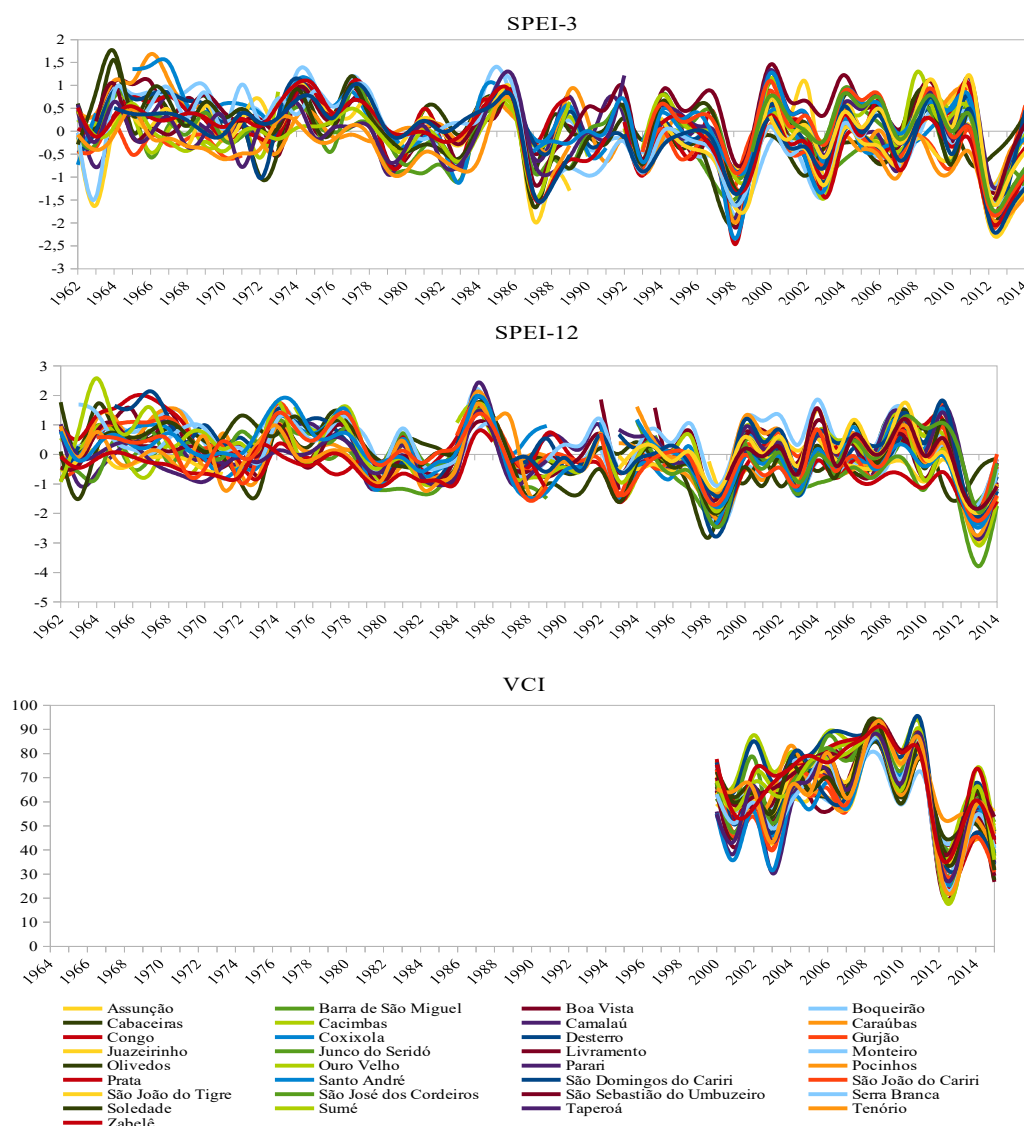


Figura 3.3: Padrão de variação dos índices de seca nos diferentes municípios da área de estudo

Fonte: A autora, a partir dos dados de precipitação disponíveis no sistema de informações da Agência Nacional de Águas – ANA (<http://hidroweb.ana.gov.br/>) e NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center (<https://lpdaac.usgs.gov/>)

A Tabela 3.3 mostra os resultados do teste de Kruskal-Wallis dos índices de seca padronizados, para os anos de 2000 a 2015 na área de estudo. Como a significância foi maior que 0,05, a hipótese nula foi aceita, ou seja, não há evidência de diferença significativa entre os índices.

Tabela 3.3. Resultados do teste de Kruskal-Wallis para os índices de seca entre os anos de 2000 a 2015

Índices de seca normalizados para o período de 2000 a 2015	
Qui-quadrado (X^2)	0.013501
Graus de liberdade	2
Significância	0.9933

Fonte: A autora, a partir dos dados de precipitação disponíveis no sistema de informações da Agência Nacional de Águas – ANA (<http://hidroweb.ana.gov.br/>) e NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center (<https://lpdaac.usgs.gov/>)

A Tabela 3.4 mostra o número de municípios que apresentaram ausência de seca, seca moderada e seca severa em cada um dos índices, considerando a série histórica analisada. A ausência de secas, ou anos de umidade dentro dos padrões normais, foi representada pelos três índices. Já a não ocorrência de seca severa ou extrema, foi registrada pelo SPEI-3 em quatro municípios, e pelo VCI em outros dez. Embora ambos os índices sejam usados para avaliar secas de curta duração, eles empregam informações de natureza diferente. O VCI utiliza informações das condições da vegetação e o SPEI-3 dados de precipitação e temperatura do ar.

Tabela 3.4. Número de municípios considerando a severidade da seca de acordo com cada índice

	Período analisado	SPEI-3 (28 municípios considerados)	SPEI-12 (28 municípios considerados)	VCI (34 municípios considerados)
Ausência de seca	1964 - 2015	28	28	34
Seca moderada	1964 - 2015	26	26	33
Seca severa e extrema	2000 - 2015	24	28	24

Fonte: A autora, a partir dos dados de precipitação disponíveis no sistema de informações da Agência Nacional de Águas – ANA (<http://hidroweb.ana.gov.br/>) e NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center (<https://lpdaac.usgs.gov/>)

Rhee et al. (2010) sugerem a combinação de índices para monitorar a seca em escala regional de maneira mais eficiente, devido a discrepâncias que possam ser observadas entre os diferentes índices. Então, em se considerando o SPEI-3 e o VCI como complementares, pode-se afirmar que todos os municípios experimentaram seca de curta duração classificada como severa ou extrema em algum momento.

O Cariri paraibano, onde está inserida a região do Alto curso do Rio Paraíba e parte da sub-bacia do Taperoá, é reconhecida pela atividade pecuária de produção de

leite, especialmente leite de cabra. A seca de curta duração é relacionada aos danos à vegetação. Como a pastagem natural é parte importante da dieta dos animais, seu monitoramento ganha relevância especial.

Mcclaran e Wei (2014) utilizaram os índices SPEI e SPI para avaliar os padrões de seca nos Estados Unidos e suas implicações para a pecuária de pastejo. Os autores apontam a perda de pastagens como o principal impacto para o setor. Eles também recomendam o uso do SPEI, em detrimento do SPI, por representar melhor os impactos potenciais da seca para a produção de forragem.

O SPEI 12 registrou a ocorrência de secas severas de longa duração em todos os municípios, incluindo, ou não, secas curtas, que também trazem prejuízos econômicos para a cadeia agropecuária. Para Kachergis et al. (2014) a ocorrência de secas extremas é um desafio para a sustentação das operações pecuárias e toda a cadeia de produtiva, pois, em casos extremos, pode até implicar na morte dos animais, além de contribuir para a perda da qualidade dos produtos. Os autores avaliaram várias estratégias de gestão, utilizadas pelos fazendeiros quando ocorrem secas severas prolongadas, e citam os planos de preparação e ações proativas tomadas no âmbito da gestão do risco como essenciais para diminuir os impactos negativos da seca.

O conceito de coeficientes de correlação linear foi utilizado para determinar a efetividade dos índices de seca. Devido ao fato da chuva ser um dos principais fatores que influenciam a ocorrência de secas, foram calculadas a correlação linear entre a precipitação e os índices de seca para cada município, os resultados são mostrados na Tabela 3.5.

Tabela 3.5. Coeficientes de correlação entre precipitação e índices de seca

Municípios	SPEI3	SPEI12	VCI
Amparo	0,88	0,92	0,80
Assunção	---	---	0,91
Barra de São Miguel	0,84	0,85	0,87
Boa Vista	0,83	0,65	0,74
Boqueirão	0,84	0,83	0,52
Cabaceiras	0,78	0,71	0,89
Camalaú	0,86	0,86	0,73
Caraúbas	0,86	0,87	0,95
Congo	0,86	0,86	0,86

Municípios	SPEI3	SPEI12	VCI
Coxixola	0,82	0,79	0,84
Desterro	---	---	0,84
Gurjão	0,77	0,79	0,91
Juazeirinho	0,87	0,84	0,88
Junco do Seridó	0,84	0,89	0,84
Livramento	---	---	0,82
Monteiro	0,95	0,89	0,75
Olivedos	0,81	0,75	0,90
Ouro Velho	---	---	0,85
Parari	0,86	0,77	0,94
Pocinhos	0,72	0,67	0,81
Prata	---	---	0,83
Santo André	0,90	0,90	0,89
São Domingos do Cariri	0,88	0,71	0,91
São João do Cariri	0,80	0,81	0,93
São João do Tigre	0,78	0,88	0,80
São José dos Cordeiros	0,86	0,86	0,82
São Sebastião Umbuzeiro	0,87	0,90	0,75
Serra Branca	0,90	0,82	0,91
Soledade	0,87	0,88	0,85
Sumé	0,91	0,78	0,81
Taperoá	0,81	0,90	0,91
Tenório	0,76	0,91	0,86
Zabelê	---	---	0,74

Fonte: A autora, a partir dos dados de precipitação disponíveis no sistema de informações da Agência Nacional de Águas – ANA (<http://hidroweb.ana.gov.br/>) e NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center (<https://lpdaac.usgs.gov/>)

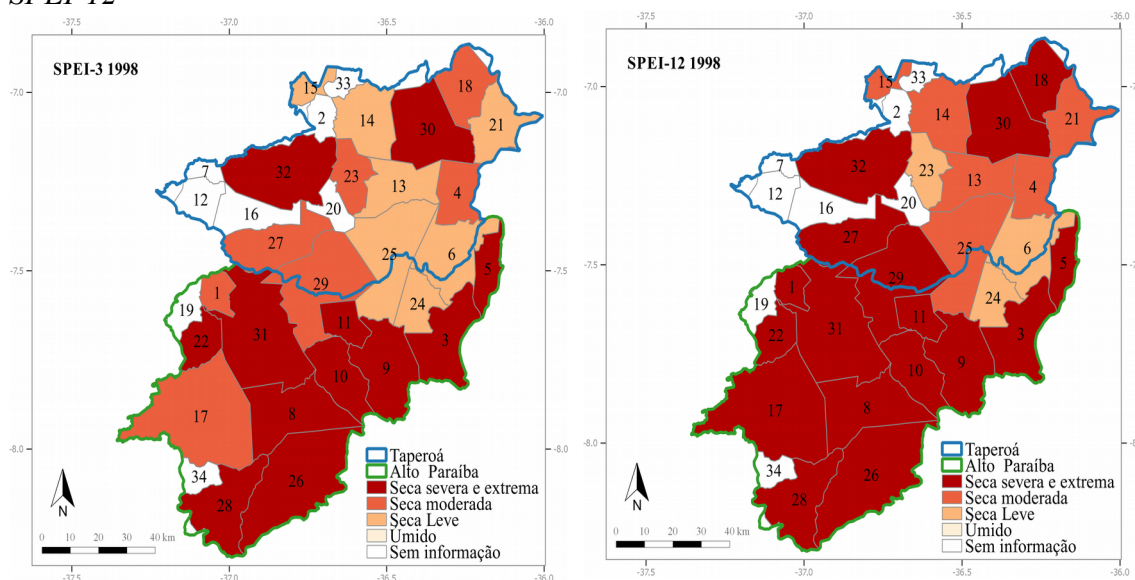
Os três índices apresentaram correlação forte para quase todos os municípios, apenas Boa Vista e Pocinhos apresentaram correlação média entre a precipitação e o SPEI-12 e Boqueirão com o VCI. Parviz (2016) conclui, em estudo que avaliou a correlação entre vários índices de seca e a precipitação, que os índices de seca em regiões áridas e semiáridas apresentam valores mais altos e significativos se comparado com as regiões úmidas.

Os anos mais secos de toda a série analisada ocorreram durante o período de 1998-1999 e 2012-2014, fato registrado pelos três índices. Os municípios localizados na região do Alto Curso do Rio Paraíba tiveram seus anos mais secos durante evento de

1998-1999, enquanto que os da Sub-Bacia do Rio Taperoá durante a seca de 2012-2014 (Figuras 3.4 e 3.5). O ano de 2013 foi o que apresentou os menores valores de índice de seca, com destaque para o SPEI-12 que registrou seca severa ou extrema em todos os municípios da área de estudo com exceção de Boqueirão que apresentou seca moderada.

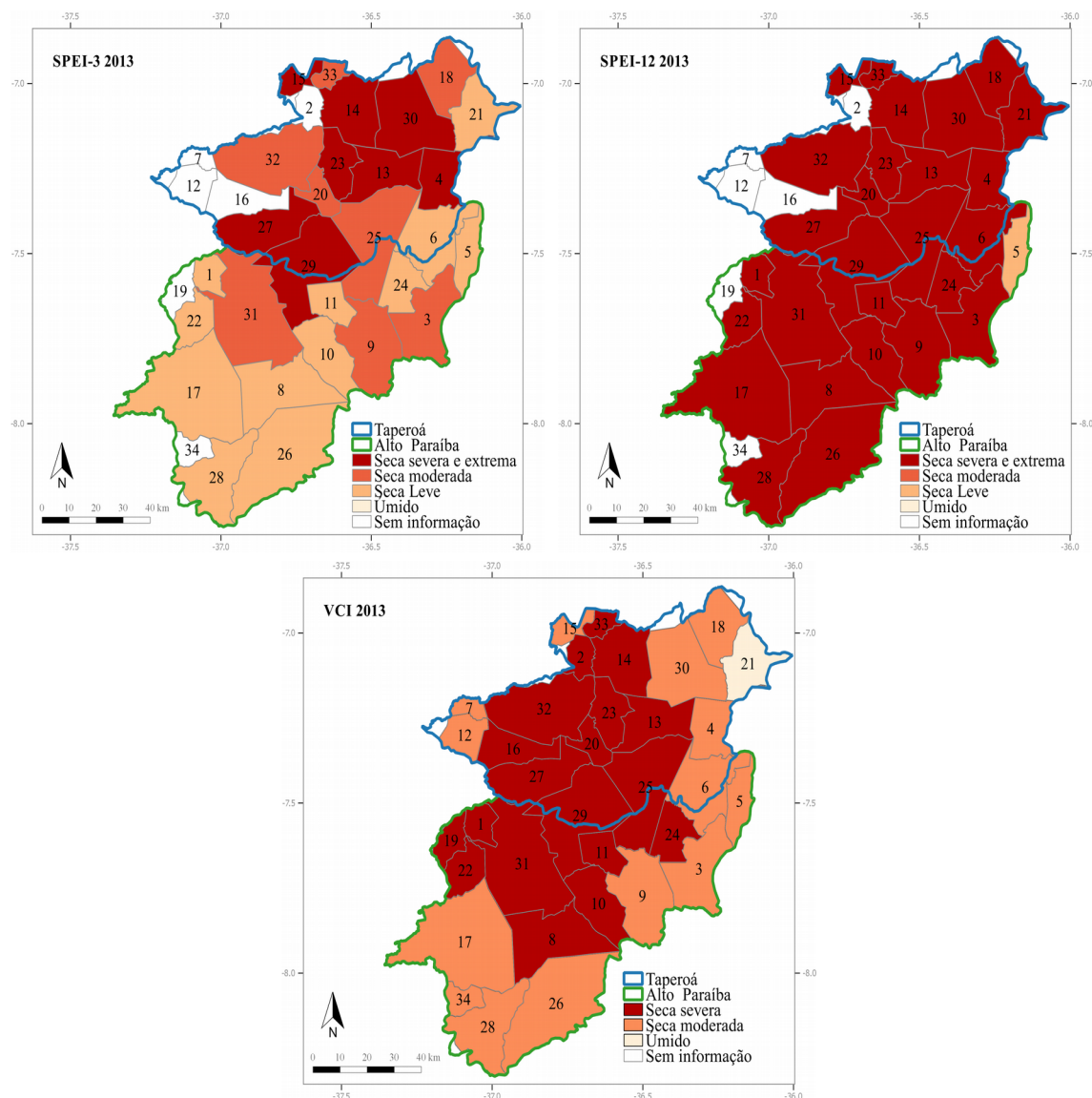
Embora os mapas das figuras 3.4 e 3.5 mostrem diferenças entre si quanto à classificação da severidade da seca em um mesmo ano, essas podem ser atribuídas tanto aos dados originalmente usados para o cálculo dos índices, quanto à escala temporal (curta ou longa duração), empregada na estimativa. Nos municípios em que a classe de severidade da seca variou com o índice, observam-se que essas classes são vizinhas, o que é um indicativo de consistência entre eles.

Figura 3.4: Classificação da severidade da seca em 1998 de acordo com o SPEI-3 e SPEI-12



Fonte: A autora a partir dos dados disponíveis na NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center (<https://lpdaac.usgs.gov/>) e das shapes disponíveis no <http://geoserver.asesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportais/index.php>

Figura 3.5: Classificação da severidade da seca de em 2013 de acordo com o SPEI-3 e SPEI-12 e VCI



Fonte: A autora a partir dos dados disponíveis na NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center (<https://lpdaac.usgs.gov/>) e das shapes disponíveis no <http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportais/index.php>

3.4 CONCLUSÕES

O índice por sensoriamento remoto (VCI) apresentou vantagens sobre o índice estimado com dados da estação climatológica (SPEI) no que diz respeito a abrangência espacial, pois devido à disponibilidade de dados não foi possível estimar o SPEI para seis dos trinta e oito municípios da área de estudo.

Os três índices apresentaram o mesmo padrão de variação, entre si e nos diferentes municípios, ao longo do tempo. E permitiram a identificação de anos chuvosos e anos secos, além de representarem bem a ocorrência de secas com severidades distintas. Demonstrando potencial para monitorar a seca na região

Por empregarem informações de natureza diferentes, o VCI e o SPE-3 podem ser usados de maneira complementar na identificação de secas de curta duração.

Secas severas de longa duração foram registradas em todos os municípios, o que pode repercutir em graves perdas econômicas para a região que tem na pecuária leiteira sua principal atividade geradora de renda.

3.5 LITERATURA CITADA

ALLEN, K. J.; OGDEN, J.; BUCKLEY, B. M; COOK, E. R.; BAKER, P. J. The potential to reconstruct broadscale climate indices associated with southeast Australian droughts from *Athrotaxis* species, Tasmania. **Climate Dynamics**, v. 37, n. 9-10, p. 1799-1821, 2011.

ALVES, T.; AZEVEDO, P. V.; DOS SANTOS, C. A. C. Influence of climate variability on land degradation (desertification) in the watershed of the upper Paraíba River. **Theoretical and Applied Climatology**, Publicação online 02 de novembro 2015. DOI 10.1007/s00704-015-1661-1

American Meteorological Society - AMS. Meteorological Drought. Adopted by AMS Council on 23 December 2003. **Bulletin of the American Meteorological Society**, No. 85. Disponível em:< <http://www.ametsoc.org/policy/droughstatementfinal0304.html>>. Acesso em 02 jun. 2014.

BEGUERÍA, S.; VICENTE-SERRANO, S. M.; ANGULO-MARTÍNEZ, M. A. Multiscalar Global Drought Dataset: The SPEI base – A new gridded product for the analysis of Drought variability and impacts, **Bulletin of the American Meteorological Society**, doi:10.1175/2010BAMS 2988.1, 2010.

BEGUERÍA, S.; VICENTE-SERRANO, S. M.; REIG, F.; LATORRE, B. Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) revisited: parameter fitting, evapotranspiration models, tools, datasets and drought monitoring, **International Journal of Climatology**, doi: 10.1002/joc.3887, 2014.

BELAL, A. A.; EL-RAMADY, H. R.; MOHAMED, E. S.; SALEH, A. M. Drought risk assessment using remote sensing and GIS techniques. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 7, n. 1, p.35-53, 2014.

CANAMARY, E. A. **Avaliação de índices para fins de monitoramento e previsão de secas no nordeste setentrional**. 2015. 133p. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

DU, L.; TIAN, Q.; YU, T.; MENG, Q.; JANCOS, T.; UDVARDY, P.; HUANG, Y. A. Comprehensive drought monitoring method integrating MODIS and TRMM data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, n. 23, p. 245–253. 2013.

GOCIC, M.; TRAJKOVIC, S. Analysis of precipitation and drought data in Serbia over the period 1980–2010. **Journal of Hydrology**, v. 494, p. 32-42, 2013.

GOERGEN, G.; TATSCH, J. D.; MORAES, M. R. Estimativa da evapotranspiração potencial em bagé-rs para aplicação no índice padronizado precipitação-evapotranspiração. **Ciência e Natura**, p. 181-183, 2013.

HAO, C.; ZHANG, J.; YAO, F. Combination of multi-sensor remote sensing data for drought monitoring over Southwest China. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 35, p. 270-283, 2015.

KACHERGIS, E.; DERNER, J. D.; CUTTS, B. B.; ROCHE, L. M.; EVINER, V. T.; LUBELL, M. N.; TATE, K. W. Increasing flexibility in rangeland management during drought. **Ecosphere**, v.5, n. 6, p.1-14, 2014.

KIM DO-WOO, BYUN, HI-RYONG, CHOI, KI-SEON. Evaluation, modification, and application of the Effective Drought Index to 200-year drought climatology of Seoul, Korea. **Journal of Hydrology**, v. 378, p. 1–12, 2009.

KOGAN, F. N. Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. **Advances in Space Research**, v. 15, n. 11, p. 91-100, 1995.

MCCLARAN, M. P.; WEI, H. Recent drought phase in a 73-year record at two spatial scales: implications for livestock production on rangelands in the Southwestern United States. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 197, p. 40-51, 2014.

MEDEIROS, R. M.; FRANCISCO, P. R. M.; MATOS, R. M.; SANTOS, D.; SABOYA, L. M. F. Diagnósticos das Flutuações Pluviométricas no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 4, p.1017-1027, 2015.

MENEZES, H. E. A.; BRITO, J. D.; SANTOS, C. D.; SILVA, L. D. A relação entre a temperatura da superfície dos oceanos tropicais e a duração dos veranicos no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n.2, p.152-161, 2008.

NAM, W. H.; HAYES, M. J.; SVOBODA, M. D.; TADESSE, T.; WILHITE, D. A. Drought hazard assessment in the context of climate change for South Korea. **Agricultural Water Management**, v. 160, p.106-117, 2015.

NÚÑEZ, J.; RIVERA, D.; OYARZÚN, R.; ARUMÍ, J. L. On the use of Standardized Drought Indices under decadal climate variability: Critical assessment and drought policy implications. **Journal of Hydrology**, v. 517, p. 458-470. 2014.

PARVIZ, L. Determination of effective indices in the drought monitoring through analysis of satellite images. **Agriculture & Forestry/Poljoprivreda i Sumarstvo**, v. 62, n. 1, p. 305-324, 2016.

PEREIRA, R. A.; ALCÂNTARA, C. R. Perfil do produtor rural no município de São João do Cariri e seus reflexos no processo produtivo: entre o tradicional e o moderno. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 3, p. 350-365, 2015.

POTOP, V.; MOŽNÝ, M.; SOUKUP, J. Drought evolution at various time scales in the lowland regions and their impact on vegetable crops in the Czech Republic. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 156, p. 121-133. 2012.

R CORE TEAM (2017). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

ROJAS, O.; VRIELING, A.; REMBOLD, F. Assessing drought probability for agricultural areas in Africa with coarse resolution remote sensing imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, n. 2, p. 343-352, 2011.

SILVA COSTA, M.; LIMA, K. C.; MENDONÇA ANDRADE, M.; GONÇALVES, W. A. Tendências observadas em extremos de precipitação sobre a região Semiárida do Nordeste do Brasil, **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 5, p. 1321-1334, 2015.

TONG, S.; BAO, Y.; TE, R.; MA, Q.; HA, S.; LUSI, A. Analysis of Drought Characteristics in Xilingol Grassland of Northern China Based on SPEI and Its Impact on Vegetation. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2017, 2017.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**. v. 38, n. 1, p. 55–94, 1948.

VICENTE-SERRANO, S. M.; BEGUERÍA, S.; LÓPEZ-MORENO, J. I. A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. **Journal of Climate**, v. 23, p. 1696-1718, 2010.

CAPÍTULO IV

PRODUÇÃO DE LEITE COMO INDICATIVO DA VULNERABILIDADE A SECA DE MUNICÍPIOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO¹

RESUMO: Existem diversos índices usados na avaliação das secas, no entanto, esses índices poderiam melhor representar, não apenas a evidência da seca como também seus impactos, se considerassem as atividades econômicas que são mais significativas para a região considerada. Nesse contexto, a pecuária ganha relevância na avaliação das secas no Semiárido brasileiro, pois é uma das principais atividades econômicas presentes na região. O objetivo deste estudo é avaliar a relação entre índices de seca, obtidos a partir de produtos do sensoriamento remoto, com a produção anual de leite (2004 – 2014), identificando os municípios cuja produção é mais afetada pela seca, sendo considerados vulneráveis e carentes de maior atenção em períodos de secas. Utilizaram-se análises de correlação e a técnica de agrupamento hierárquico na exploração dos dados. Os índices apresentaram boas correlações com a produção de leite. A alta correlação entre a produção de leite e os índices de seca pode estar relacionada com a dependência da economia desses municípios com relação aos recursos naturais. Por outro lado, a diversificação pode possibilitar acesso a recursos variados e redução da vulnerabilidade a seca.

PALAVRAS-CHAVE: gestão de secas, índice de seca, pecuária

MILK PRODUCTION AS AN INDICATOR OF DROUGHT VULNERABILITY OF MUNICIPALITIES IN THE BRAZILIAN SEMIARID REGION

ABSTRACT: There are several indices for drought assessment. However, those indices could be a better representation of drought and its impacts if they consider the relevant economic activities affected by droughts in a region. In this context, livestock activity

1. Trabalho submetido a Revista Brasileira de Engenharia Agrícola, ISSN 1809-4389

becomes relevant in the assessment of drought in the Brazilian semiarid region, since it is one of the main economic activities in the region. This study aims to evaluate the relationship between drought indices, obtained from remote sensing products, with annual milk production (2004 – 2014), identifying municipalities whose milk production is most affected by drought. Those ones are considered the most vulnerable ones and need a special attention during drought periods. We have used correlation analysis and hierarchical clustering technique in data analysis. The drought indices presented good correlations with milk production in most municipalities, which may be related to the strong dependence of their economy on natural resources. The diversification of the economy could allow different ways for obtaining natural resources and for reducing vulnerability upon droughts.

KEYWORDS: drought management, drought index, livestock

4.1 INTRODUÇÃO

Atualmente vários índices são usados para monitorar a seca, a grande maioria baseada em variáveis hidroclimáticas, edáficas e físicas. Mas a seca é um fenômeno cujas principais implicações são socioeconômicas. Logo, é de se esperar que um índice adequado para monitorar a seca em dada região se ajuste bem aos impactos socioeconômicos da seca observados nessa região.

A pecuária ganha relevância na avaliação dos impactos da seca no semiárido brasileiro, pois é uma das principais atividades econômicas na região. Os animais fornecem complementação alimentar, são usados para transporte de pessoas ou carga, possuem maior resistência à seca se comparados com as plantas e funcionam como alternativa para subsistência durante secas, sendo uma espécie de poupança familiar (FERREIRA & URBANO, 2013; COUTINHO et al., 2013; CÂNDIDO et al., 2015).

Um dos principais impactos negativos da seca sobre a pecuária no semiárido é a limitação da produção de forragem, que nessa região é composta basicamente pelo pasto nativo que sofre influência marcante da sazonalidade pluvial (MCCLARAN & WEI, 2014; LIMA JÚNIOR et al., 2013). Com alimento escasso os animais perdem peso,

diminuindo a qualidade de seus produtos derivados e, em casos extremos, vindo a óbito, colocando sob ameaça toda a cadeia de produção pecuária (KACHERGIS et al., 2014).

Apesar da grande relevância para a região, poucos estudos relacionam índices de seca e pecuária na avaliação e monitoramento dos impactos da seca. A grande maioria considera apenas impactos relacionados à agricultura (SIMELTON et al., 2009; DINIZ & SANTOS, 2011; FERNANDES & HEINEMANN, 2011; ANTWI-AGYEI et al., 2012). Outros estudos integram índices de seca e pecuária no contexto de apólices de seguros para pequenos produtores, utilizando os índices para estimar a perda de pastagens (CHANTARAT et al., 2013; VRIELING et al., 2014; TAKAHASHI et al., 2016). Há, portanto, a necessidade de aprofundamento na relação entre esses índices e aspectos relacionados à pecuária.

O objetivo deste estudo é avaliar a relação entre índices de seca obtidos a partir de produtos de sensoriamento remoto e a produção de leite no Semiárido paraibano, partindo da premissa que os municípios cuja produção de leite é diretamente afetada pela seca seriam mais vulneráveis, exigindo maior atenção dos gestores em períodos prolongados de secas.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende municípios pertencentes às bacias do Alto Curso do Rio Paraíba e Rio Taperoá (Figura 4.1). A região apresenta temperaturas elevadas, fracas amplitudes térmicas, chuvas com grande variabilidade espacial e temporal, a economia baseada na agropecuária extensiva, principalmente bovino e caprino, e praticada em pequenas propriedades familiares (ALVES et al., 2015; PEREIRA & ALCÂNTARA, 2015). A criação do rebanho é semiconfinada, ordenha manual e monta natural, sem emprego de resfriamento do leite produzido e baixa produtividade diária de leite (CÂNDIDO et al., 2015; CLEMENTINO et al., 2015).

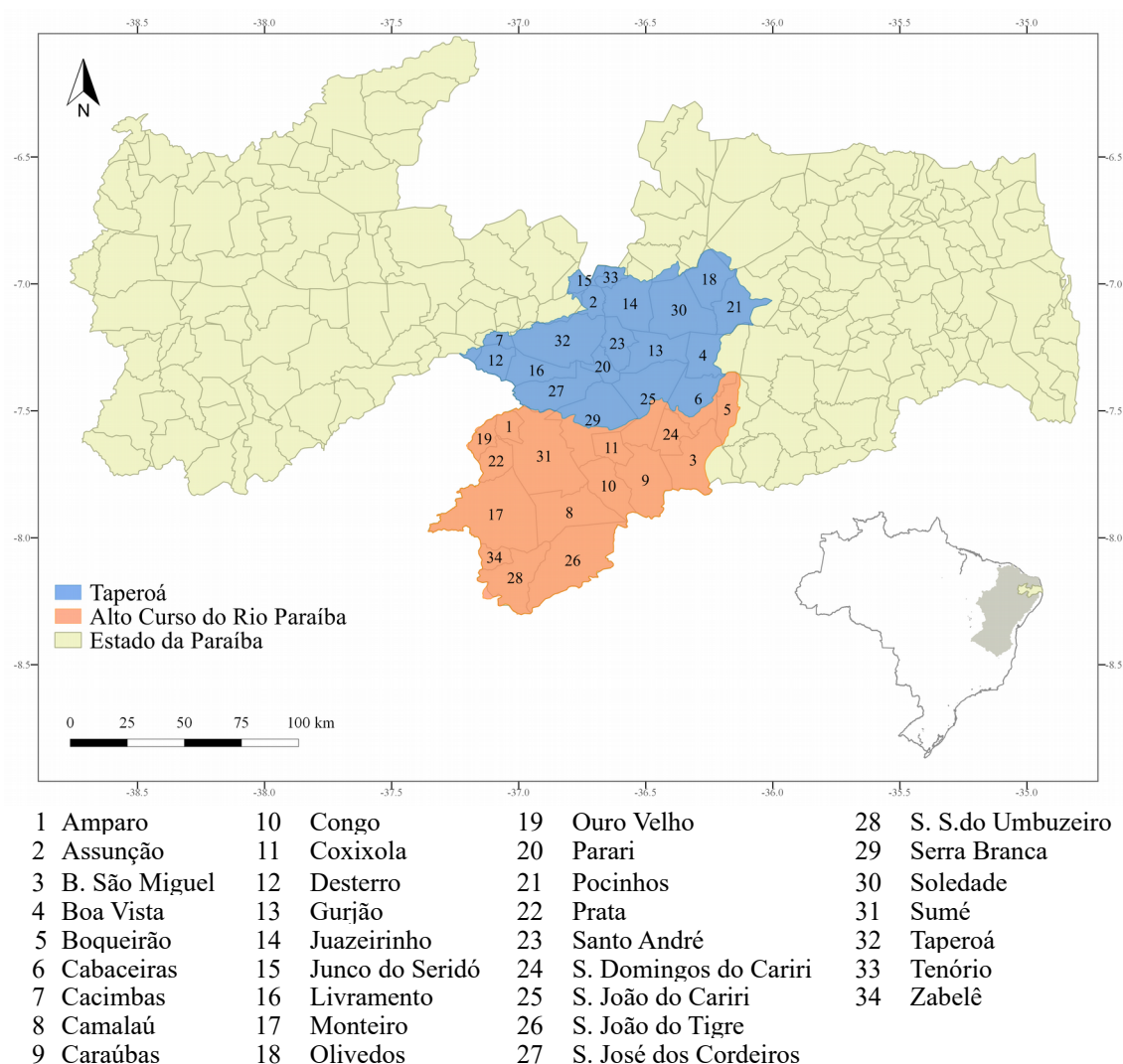


Figura 4.1: Área de estudo. Destaque para a bacia do Taperoá e Alto curso do Rio Paraíba

Fonte: A autora a partir das shapes disponíveis no <http://www.visualizador.inde.gov.br/> e <http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportais/index.php>

Foram usados os índices VCI - Vegetation Condition Index e TCI - Temperature Condition Index (KOGAN, 1995), para considerar aspectos relacionados à vegetação e temperatura, e o VHI - Vegetation Health Index que é uma combinação desses dois índices. Outro índice também utilizado foi o PCI - Precipitation Condition Index, referente à precipitação obtida por sensoriamento. E o SDCI - Scaled Drought Condition Index (RHEE et al., 2010), que é uma combinação linear do TCI, PCI e VCI.

A Tabela 4.1 contém algumas informações sobre os produtos usados na estimativa dos índices. As informações foram obtidas a partir do banco de dados mantido pela

NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center no USGS/Earth Resources Observation and Science Center, Sioux Falls, Dakota do Sul.

Tabela 4.1. Descrição dos índices de seca por sensoriamento remoto

Índice de seca	Equação	Variável por sensoriamento remoto	Satélite	Produto
VCI	$100 \frac{(NDVI - NDVI_{\min})}{(NDVI_{\max} - NDVI_{\min})}$	NDVI - Normalized Difference Vegetation Index	MODIS	MOD13A v005
TCI	$100 \frac{(LST_{\max} - LST)}{(LST_{\max} - LST_{\min})}$	LST - Land Surface Temperature	MODIS	MOD11A 2 v005
PCI	$100 \frac{(TRMM - TRMM_{\min})}{(TRMM_{\max} - TRMM_{\min})}$	TRMM - Tropical Rainfall Measuring Mission	TRMM	3B43, v7
VHI	$100 \frac{(VCI + TCI)}{2}$			
SDCI	$0,25 \times TCI + 0,5 \times PCI + 0,25 \times VCI$			

Onde NDVI_{máx}; NDVI_{mín}; LST_{máx}; LST_{mín} e TRMM_{máx}; TRMM_{mín} são os valores máximos e mínimos de NDVI, LST e TRMM, respectivamente, na série temporal em cada ponto.

Fonte: A autora

Os índices foram estimados em escala mensal e, posteriormente, calculada a média anual para compor o valor de referência e compará-los com os dados de produção de leite. O total anual de leite produzido foi obtido a partir do banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (IBGE, 2016) disponível para os anos de 2004 – 2014.

Também foi realizada entrevista com técnicos da EMATER - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural da Paraíba, para obter informações acerca das características da produção de leite, especialmente sobre como os produtores lidam com as secas. As entrevistas foram realizadas de maneira não estruturada a fim de explorar mais amplamente questões relacionadas a temática de interesse.

Procederam-se análises de correlação utilizando o coeficiente de Pearson a fim de avaliar a capacidade dos índices para monitorar a seca considerando seus impactos sobre a produção de leite. As correlações foram classificadas em forte ($r > 0,75$), média

($0,75 > r > 0,5$) e fraca ($r < 0,5$). Aplicou-se a técnica de agrupamento hierárquico com base na distância Euclidiana, sobre a série anual de produção de leite (2004 – 2014) de cada município. Os dados foram padronizados e utilizando o pacote estatístico R Project for Statistical Computing environment (R CORE TEAM, 2017) versão v.3.3.0, a fim de identificar grupos com comportamento de produção de leite semelhante entre si e distinto um dos outros.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As melhores correlações entre os índices de seca e produção de leite foram observadas para os índices VCI, VHI e SDCI. Vinte, dos trinta e quatro municípios, apresentam correlação forte em ao menos um dos cinco índices (Figura 4.2, Tabela 4.2).

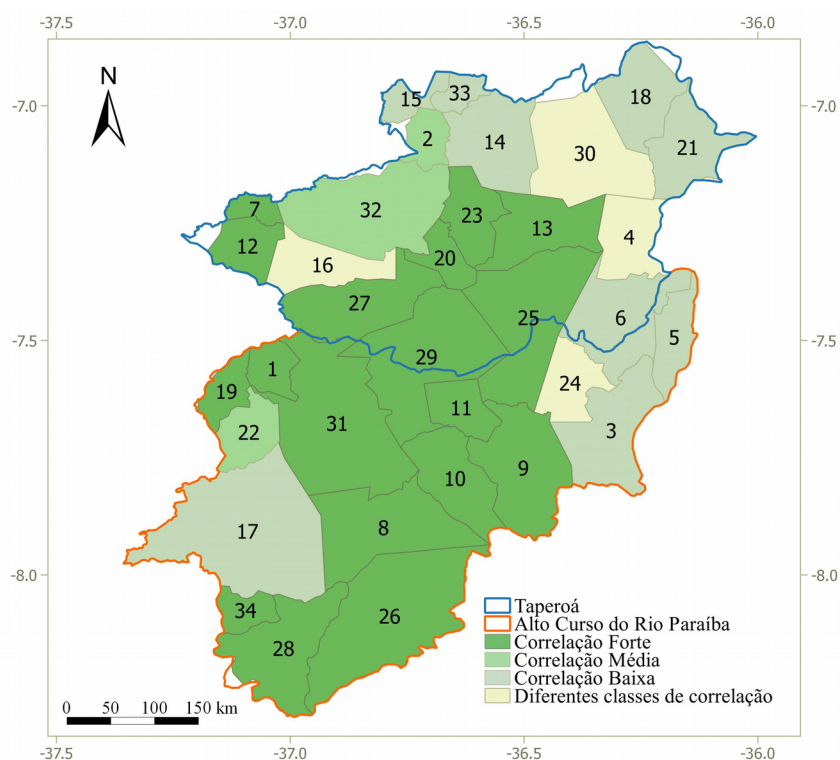


Figura 4.2: Correlação entre índices de seca e produção de leite

Fonte: A autora a partir dos dados disponíveis no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (<https://cidades.ibge.gov.br/>), na NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center (<https://lpdaac.usgs.gov/>), e das shapes disponíveis no <http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/index.php>

Tabela 4.2. Número de municípios por classes de correlação entre índices de seca e produção de leite

	VCI	TCI	PCI	VHI	SDCI
Correlação Forte	19	12	12	19	18
Correlação Média	4	13	11	4	6
Correlação Fraca	11	9	11	11	10

Fonte: A autora

A produção de leite apresentou boas correlações com índices que utilizam informações da vegetação mas não com a precipitação. Esse fato pode estar relacionado com a pouca sensibilidade do sensor TRMM para detectar a alta variabilidade espacial da precipitação na região, em relação à dimensão dos municípios (ver Figura 4.2). O sensor possui $0,25^\circ$ ($\pm 25 \times 25$ km) de resolução espacial, inferior à dos produtos MODIS, usados para os índices de seca, que é de 1 km.

As baixas correlações com o TCI demonstram a pouca influência da temperatura da superfície para monitorar a seca. O TCI, que utiliza a LST, é melhor aproveitado se combinado com o NDVI (RHEE et al., 2010; SON et al 2012; DU et al 2013; HAO et al., 2015), que dá melhor informação sobre as condições de vegetação enquanto a LST é relacionada ao estresse hídrico.

Considerando os índices de melhores correlações (VCI, VHI e SDCI), verifica-se que 18 municípios apresentam correlação forte, que pode estar relacionada à dependência da economia aos recursos como pastagem nativa e precipitação. Alves et al. (2015) avaliaram influência da chuva e do índice de aridez sobre os processos de degradação na região e indicam uma tendência de aumento da aridez no centro da bacia, o que coincide com os municípios que apresentaram alta correlação.

Os municípios de Monteiro, Boqueirão, Pocinhos e Juazeirinho têm em comum a baixa correlação entre a produção de leite e índices de seca, população acima de dez mil habitantes e estão entre os sete municípios com as maiores médias de produção. Fatores como esses podem contribuir para atração e diversificação de investimentos e infraestruturas, diminuindo a dependência econômica dos municípios à precipitação. O Açude Epitácio Pessoa também exerce influência sobre os municípios próximos a ele, contribuindo para a diminuição dessa dependência.

O município de Taperoá possui correlação média com os índices de seca, maior média de produção de leite e mais de dez mil habitantes. Taperoá e Monteiro possuem infraestrutura de beneficiamento de leite, atraindo outros investimentos e exercendo

influência sobre os municípios vizinhos. Neles é verificado o uso de silagem, pequenas irrigações e emprego da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*).

Uma vez estabelecida a existência de correlação entre os índices de seca e a produção de leite investigou-se a existência de agrupamentos entre esses municípios. Analisando o dendograma (Figura 4.3A) observamos a formação de quatro grupos. Os municípios dentro do grupo tendem a ter características de variação da produção de leite similares, e características diferentes entre os grupos. A Figura 4.3B exibe a distribuição espacial dos grupos formados.

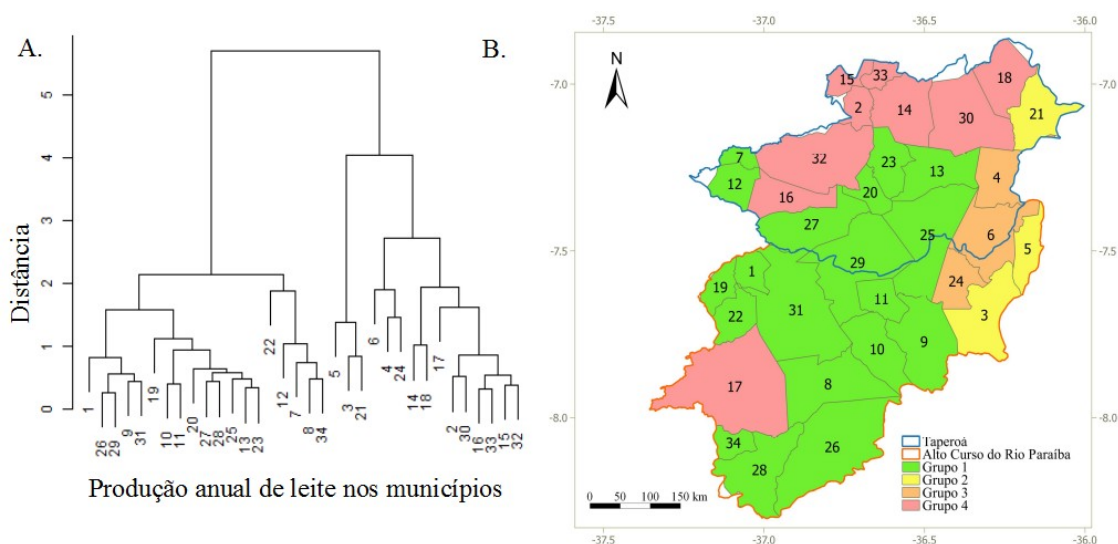


Figura 4.3: Dendograma da produção de leite (A). Distribuição espacial dos grupos na área de estudo (B)

Fonte: A autora a partir dos dados disponíveis no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (<https://cidades.ibge.gov.br/>), e das shapes disponíveis no <http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportall/index.php>

Grupo 1: É formado por 19 municípios com queda acentuada na produção de leite no ano de 2012. Os municípios, com exceção de Prata (22), possuem correlação alta com os índices VCI, VHI e SDCI. Pode-se considerar que esse grupo é o mesmo que apresenta correlação alta com os índices de seca.

Grupo 2: Formado por três municípios (3, 5, 21), apresenta leve diminuição na produção de leite mesmo no ano de 2012 e correlação baixa com todos os índices de seca. Foi o único grupo que teve produção de leite em 2013 superior a 2012.

Grupo 3: Formado por três municípios (4, 6, 24) apresentam queda na produção de leite com valores intermediários entre os grupos 1 e 2. Diferente do que ocorre nos outros grupos, que tendem a apresentar estabilização ou aumento da produção de leite a

partir de 2013, os municípios que formam este grupo não apresentam indícios de recuperação, apresentando queda de produção nos anos de 2013 e 2014.

Grupo 4: É formado por nove municípios (2, 14, 15, 16, 17, 18, 30, 32, 33). Eles também apresentam queda na produção de leite com valores intermediários entre os grupos 1 e 2. Quatro, das sete maiores médias de produção de leite e maiores populações, pertencem a esse grupo.

A análise dos agrupamentos e das correlações, sugerem que os municípios do Grupo 1 têm suas economias fortemente dependentes dos recursos naturais e são mais afetados pelas secas. Deve ser dada atenção a esses municípios no que diz respeito à execução de ações de gestão de secas, especialmente na gestão do risco, a qual deve abranger medidas contínuas e proativas, visando mitigar os efeitos negativos da seca, reduzir as perdas econômicas e os custos associados às ações reativas e de recuperação.

O Grupo 2 tem a produção de leite menos afetada pela seca e as menores correlações com os índices de seca. Seria, portanto, o menos vulnerável aos seus impactos. Essa menor vulnerabilidade pode ser atribuída à prática de pequenas irrigações e a diversificação da economia.

No Grupo 4 estão alguns dos municípios de maior população e médias de produção de leite. São observadas a prática de silagem, pequenas irrigações e polos de beneficiamento de leite. A economia é fortemente ligada ao setor agropecuário, mas neles também há influência do setor de serviços e extração mineral. Os municípios do Grupo 3 tem características que se assemelham aos do Grupo 4, com a diferença de que continuam apresentando queda de produção nos anos de 2013 e 2014.

Os municípios de São João do Cariri, Boqueirão, São Domingos do Cariri e Monteiro foram escolhidos para representar os Grupos 1, 2, 3 e 4, respectivamente, na análise temporal da produção e índices de seca. Observa-se o aumento da produção de leite entre 2004 e 2011 (Figura 4.4), período de ausência de secas severas, podendo ter existido boa disponibilidade de pastagem nativa para manter os rebanhos. O Programa do Leite, implantado na Paraíba em 2003, pode ter contribuído para mais investimentos nesse setor, pois promoveu o fortalecendo da agricultura familiar através da compra do leite com garantia de compra a preço fixo.

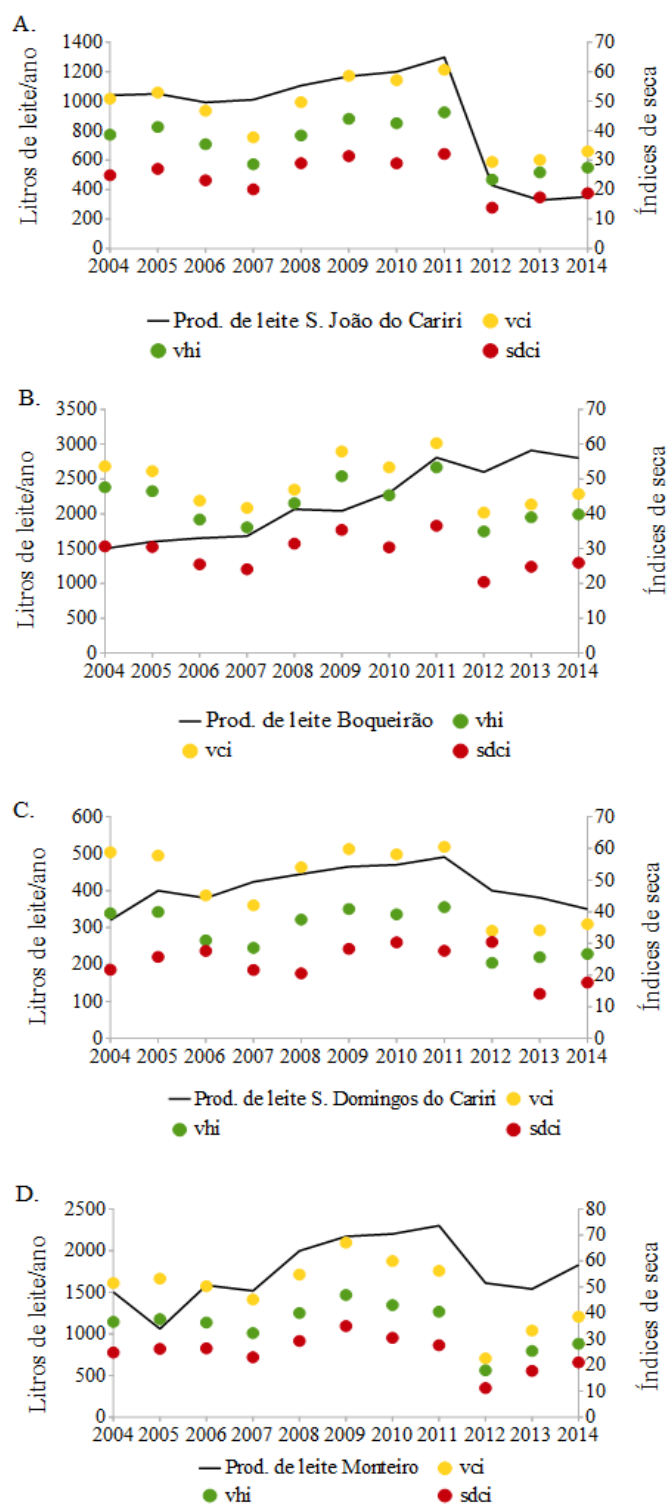


Figura 4.4: Variação anual dos índices de seca e da produção de leite

Fonte: A autora a partir dos dados disponíveis no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (<https://cidades.ibge.gov.br/>), na NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center (<https://lpdaac.usgs.gov/>)

Os valores mais elevados de produção de leite foram registrados no ano de 2011, retratado pelos índices de seca como o ano mais úmido da série. Já 2012 registrou queda de produção e os menores valores dos índices de seca. Resultados semelhantes foram obtidos por CUNHA et al. (2015), que utilizaram produtos MODIS (LST e NDVI) para avaliar mudanças ambientais capazes de gerarem alertas de secas. Os autores observaram que 2011 foi um ano úmido e 2012 um ano seco, com intensificação da seca entre 2012-2013.

ANDERSON et al. (2015), utilizando produtos de sensoriamento remoto, também observaram o agravamento da seca na região entre 2012-2013. GUTIÉRREZ et al. (2014) comentam que a seca ocorrida durante estes anos está entre os eventos mais severos dos últimos 100 anos, com vários municípios declarando estado de emergência devido às perdas agrícolas, que foram da ordem de 90% se comparadas com o ano de 2011.

Pequenas diminuições nos valores dos índices não refletem mudanças efetivas no padrão de comportamento da produção de leite (Figura 4.4). No entanto, quando há valores acentuadamente baixos nos índices, indicando seca severa, a produção de leite cai. Este comportamento indica que as estratégias de adaptação dos produtores, ainda que deficientes, são suficientes para atravessar secas menos severas, mas insuficientes quando há seu agravamento, havendo necessidade de aperfeiçoamento dessas estratégias.

COSTA et al. (2008) mencionam a falta de técnica nas estratégias utilizadas pelos criadores do Cariri paraibano durante as secas. Como exemplo dessas técnicas são citadas o emprego do milho, feijão e algodão na alimentação do rebanho, o uso da palma forrageira e do mandacaru (*Cereus jamacaru* P. DC.), venda dos animais e, em alguns casos, fenação e ensilagem, além da associação dos métodos citados.

RIET-CORREA et al. (2013), analisando a caprinocultura leiteira no semiárido, observaram que os produtores apresentam dificuldades para se manter nesta atividade durante a seca, dependendo de políticas assistenciais governamentais. O estudo verificou o aumento do cultivo da palma resistente à cochonilha (*Diaspis echinocacti*), devido a sua importância como alternativa de alimento para o rebanho durante a seca, a existência de deficiências no manejo e produção da forragem, além da venda de animais e carência de assistência técnica.

A venda de parte do rebanho e a falta de pastos podem estar entre as razões da diminuição da produção de leite no ano de 2012. A recuperação das áreas de plantio da palma e outras intervenções governamentais, como o subsídio da venda de milho para a ração animal, podem ter contribuído para o crescimento, mesmo tímido, da produção de leite nos anos de 2013 e 2014, apesar da continuidade da seca.

O acompanhamento dos índices de seca que apresentaram alta correlação com a produção de leite pode servir para alertar sobre a possibilidade de falta de pastagem natural para os rebanhos e alta no preço das rações devido à diminuição da oferta em razão da ocorrência de chuvas abaixo da média.

Essas informações, já disponíveis, podem auxiliar na preparação e aplicação de medidas de gestão, como o cuidado com a conservação da água, o abate preventivo do efetivo pecuário e a exploração de estratégias de preços alternativos para grãos utilizados na ração animal, dentre outras que visem diminuir os impactos negativos das secas sobre a pecuária.

4.4 CONCLUSÕES

Os índices de seca obtidos a partir de sensoriamento remoto se correlacionaram bem com a produção de leite na maioria dos municípios analisados, especialmente o VCI, VHI e SDCl, e possuem potencial de uso como ferramenta para aplicação de medidas de monitoramento e gestão que visem a diminuição dos prejuízos gerados pela seca sobre a atividade pecuária.

A maioria dos municípios é vulnerável à seca, pois a atividade pecuária desenvolvida é muito dependente dos recursos naturais, como mostrado pela alta correlação observada entre a produção de leite e os índices de seca. Por outro lado, os municípios de maior diversidade econômica apresentam menor vulnerabilidade.

As estratégias de gestão corriqueiramente empregadas no Nordeste brasileiro, a saber, nos municípios estudados, são suficientes para lidar com secas de pequenas intensidades, mas insuficientes para lidar com secas mais severas.

4.5 LITERATURA CITADA

- ALVES, T.L.B.; DE AZEVEDO, P.V.; DOS SANTOS, C.A.C. Influence of climate variability on land degradation (desertification) in the watershed of the upper Paraíba River. **Theoretical and Applied Climatology**. Publicação online 02 de novembro 2015. DOI 10.1007/s00704-015-1661-1
- ANDERSON, M.C.; HAIN, C.R.; SEMMENS, K.; YILMAZ, M.T.; GAO, F. Comparison of satellite-derived LAI and precipitation anomalies over Brazil with a thermal infrared-based Evaporative Stress Index for 2003–2013. **Journal of Hydrology**, v. 526, p. 287-302, fev. 2015.
- ANTWI-AGYEI, P.; FRASER, E.D.; DOUGILL, A.J.; STRINGER, L.C.; SIMELTON, E. Mapping the vulnerability of crop production to drought in Ghana using rainfall, yield and socioeconomic data. **Applied Geography**, v. 32, n. 2, p. 324-334, mar. 2012.
- CÂNDIDO, E.P.; PIMENTA FILHO, E.C.; NETO, S.G.; SANTOS, E.M.; DE MOURA, J.F.P. Análise dos Sistemas de Produção de Bovinos Leiteiros do Cariri Oriental da Paraíba. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 17, n. 1, p. 7-17, 2015. doi: 10.15528/2176-4158/rcpa.v17n1p7-17
- CHANTARAT, S.; MUDE, A.G.; BARRETT, C.B.; CARTER, M.R. Designing index-based livestock insurance for managing asset risk in northern Kenya. **Journal of Risk and Insurance**, v. 80, n. 1, p. 205-237, mai. 2013. doi: 10.1111/j.1539-6975.2012.01463.x
- CLEMENTINO, I.J.; PIMENTA, C.M.; FERNANDES, L.G.; BEZERRA, C.S; ALVES, C.J.; DIAS, R.A.; FERREIRA NETO, J.S.; DE AZEVEDO S.S. Caracterização da pecuária bovina no Estado da Paraíba, Nordeste do Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 557-570, jan./fev. 2015. doi: 10.5433/1679-0359.2015v36n1p557
- COSTA, R.G.; ALMEIDA, C.C.; PIMENTA FILHO, E.C.; HOLANDA JÚNIOR, E.V.; SANTOS, N.M. Caracterização do sistema de produção caprino e ovino na região semi-árida do estado da Paraíba, Brasil. **Archivos de zootecnia**, v. 57, n. 218, p. 195-205, 2008.
- COUTINHO, M.J.F.; CARNEIRO, M.S.D.S.; EDVAN, R.L.; PINTO, A.P.A. A pecuária como atividade estabilizadora no semiárido brasileiro. **Veterinária e Zootecnia**, v. 20, n. 3, p. 434-441, set. 2013.
- CUNHA, A.P.M.; ALVALÁ, R.C.; NOBRE, C.A.; CARVALHO, M.A. Monitoring vegetative drought dynamics in the Brazilian Semiarid Region. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 214, p. 494-505, dez. 2015.
- DINIZ, A.F.; SANTOS, R.L. Repercussões da seca de 1997 e 1998 no semi-árido baiano: o caso do município de Feira de Santana (Bahia-Brasil). **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, n. 47E, 2011.
- DU, L.; TIAN, Q.; YU, T.; MENG, Q.; JANCOS, T.; UDWARDY, P.; HUANG, Y. A comprehensive drought monitoring method integrating MODIS and TRMM data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 23, p. 245-253, ago. 2013.

FERNANDES, D.S.; HEINEMANN, A.B. Estimativa da variação da produtividade do arroz em diferentes escalas temporais do índice SPI. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 4, p. 335-343, abr. 2011.

FERREIRA, M.A.; URBANO, S.A. Novas Tecnologias para Alimentação de Bovinos Leiteiros na Seca. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 15, n. 1, p. 42-52, 2013. doi: <http://dx.doi.org/10.15528/2176-4158/rcpa.v15n1p42-52>

GUTIÉRREZ, A.P.A.; ENGLE, N.L.; NYS, E.D.; MOLEJÓN, C.; MARTINS, S.M. Drought preparedness in Brazil. **Weather and Climate Extremes**, v. 3, p. 95-106, jun. 2014.

HAO, C; ZHANG, J; YAO, F. Combination of multi-sensor remote sensing data for drought monitoring over Southwest China. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 35, p. 270-283, mar. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades@**, 2016. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=25&search=paraiba>>. Acesso em: 11 de set. 2016.

KACHERGIS, E.; DERNER, J.D.; CUTTS, B.B.; ROCHE, L.M.; EVINER, V.T.; LUBELL, M.N.; TATE, K.W. Increasing flexibility in rangeland management during drought. **Ecosphere**, v. 5, n. 6, p. 1-14, jun. 2014. doi: 10.1890/ES13-00402.1

KOGAN, F.N. Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. **Advances in Space Research**, v. 15, n. 11, p. 91-100, 1995. doi:10.1016/0273-1177(95)00079-T

KOGAN, F.N. Global drought watch from space. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 78, n. 4, p. 621-636, abr. 1997. doi: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0477\(1997\)078<0621:GDWFS>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0477(1997)078<0621:GDWFS>2.0.CO;2)

DE LIMA JÚNIOR, D.M.; RANGEL, A.H.D.N., URBANO, S.A., OLIVEIRA, J.P.F.D., ARAÚJO, T.L.A.C.D. Silagem para vacas leiteiras no semiárido. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 9, n. 2, p. 33-42, jun. 2013.

MCCLARAN, M.P.; WEI, H. Recent drought phase in a 73-year record at two spatial scales: implications for livestock production on rangelands in the Southwestern United States. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 197, p. 40-51, out. 2014.

PEREIRA, R. A.; ALCÂNTARA, C. R. Perfil do produtor rural no município de São João do Cariri e seus reflexos no processo produtivo: entre o tradicional e o moderno. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 4 p.350-365, set/dez. 2015. doi: <http://dx.doi.org/105902/2179460X15355>

R CORE TEAM (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RHEE, J; IM, J; CARBONE, G J. Monitoring agricultural drought for arid and humid regions using multi-sensor remote sensing data. **Remote Sensing of Environment**, v. 114, n. 12, p. 2875-2887, dez. 2010.

RIET-CORREA, B; SIMÕES, S.V.D.; PEREIRA FILHO, J.M.; DE AZEVEDO, S.S.; DE MELO, D.B.; BATISTA, J.A. Sistemas produtivos de caprinocultura leiteira no semiárido paraibano: caracterização, principais limitantes e avaliação de estratégias de intervenção. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 345-352, mar. 2013.

SIMELTON, E.; FRASER, E.D.; TERMANSEN, M.; FORSTER, P.M.; DOUGILL, A.J. Typologies of crop-drought vulnerability: an empirical analysis of the socio-economic factors that influence the sensitivity and resilience to drought of three major food crops in China (1961–2001). **Environmental Science & Policy**, v. 12, n. 4, p. 438-452, jun. 2009.

SON, N.T.; CHEN, C.F., CHEN, C.R., CHANG, L.Y., MINH, V.Q. Monitoring agricultural drought in the Lower Mekong Basin using MODIS NDVI and land surface temperature data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 18, p. 417-427, ago. 2012.

SOUZA, J. C. **A articulação dos atores sociais no território do Seridó paraibano: entrelaçamentos e desafios para o desenvolvimento sustentável**. Campina Grande: UEPB, 2014. 132p. Dissertação Mestrado.

TAKAHASHI, K; IKEGAMI, M.; SHEAHAN, M.; BARRETT, C.B. Experimental Evidence on the Drivers of Index-Based Livestock Insurance Demand in Southern Ethiopia. **World Development**, v. 78, p. 324-340, fev. 2016.

VRIELING, A.; MERONI, M.; SHEE, A.; MUDE, A.G.; WOODARD, J.; DE BIE, C.K.; REMBOLD, F. Historical extension of operational NDVI products for livestock insurance in Kenya. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 28, p. 238-251, mai. 2014.

CAPÍTULO V

USO DE INFORMAÇÕES PECUÁRIAS PARA DETERMINAR A EFETIVIDADE DE ÍNDICES NO MONITORAMENTO DE SECAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

RESUMO: A pecuária é a principal atividade econômica de grande parte dos municípios do semiárido brasileiro, região susceptível a cíclicos eventos de seca devendo ser considerada na gestão e avaliação de seus impactos. Diversos índices podem ser usados para monitorar as secas dentre eles se destacam o Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index – SPEI, baseado na diferença entre a precipitação e a evapotranspiração potencial, e os índices que utilizam informações obtidas através do sensoriamento remoto, especialmente dados de resposta da vegetação, temperatura e precipitação. Este trabalho procurou identificar a adequação de índices para monitorar a seca considerando os impactos sobre a atividade pecuária. Foram usados dados de estações climatológica e produtos de sensoriamento remoto para identificação da seca, além da variação dos efetivos dos rebanhos bovino, caprino, suíno e a produção de leite como variáveis pecuárias. Utilizaram-se análises de correlação e a técnica de agrupamento hierárquico na exploração dos dados. De maneira geral, os índices VCI e VHI foram os que apresentaram as melhores correlações com a produção de leite e efetivo dos rebanhos.

PALAVRAS-CHAVE: drought monitoring, drought index, effective herd

LIVESTOCK INFORMATION USE FOR DETERMINE INDEX EFFECTIVENESS IN DROUGHT MONITORING IN THE BRAZILIAN SEMIARID

ABSTRACT: Livestock farming is the main economic activity of the municipalities of the Brazilian semiarid region, which is susceptible to cyclical drought events and should be considered in the management and evaluation of their impacts. Several indexes can

be used to monitor droughts, among them the Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI), based on the difference between precipitation and potential evapotranspiration, and indexes that use information obtained through remote sensing, especially vegetation response, temperature and precipitation data. This work sought to identify the adequacy of drought indices considering the impacts on livestock activity. Data from climatological stations and remote sensing products were used to identify drought and bovine, goats, pigs and milk production as livestock variables. Correlation analyzes and the hierarchical clustres technique were used in data mining. In general, the VCI and VHI indexes were the ones that presented the best correlations with the milk production and herds effective.

KEYWORDS: drought management, drought index, livestock

5.1 INTRODUÇÃO

A seca é um fenômeno relacionado à ocorrência de precipitações deficientes por períodos prolongados. Pode ser classificada em quatro categorias: meteorológica, que diz respeito ao deficit de precipitação; agrícola, relacionada com o deficit de umidade no solo; hidrológica representada pelo deficit de água no fluxo dos rios ou no armazenamento dos reservatórios; e a seca socioeconômica, associada à escassez de algum bem econômico por causa da ocorrência de secas (MISHRA; SINGH, 2010; AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY, 2003; HEIM, 2002).

Diferente de outros desastres ambientais, a seca se desenvolve lentamente e sem gerar impactos estruturais imediatos. Embora tenha essas características, atinge milhares de pessoas anualmente com graves impactos negativos. Só no Brasil, em 2013, foram registradas 11.953.305 pessoas afetadas por secas/estiagens, sendo que praticamente todos os municípios brasileiros atingidos por esse fenômeno, cerca de 98%, estão inseridos no Semiárido (BRASIL, 2014).

Considerando as consequências socioeconômicas, a pecuária ganha relevância na avaliação dos impactos da seca, pois é uma das principais atividades econômicas na região semiárida. A ocorrência de secas está relacionada à diminuição do pasto natural, que é a base alimentar dos rebanhos, e sofre influência marcante da sazonalidade pluvial

(MCCLARAN; WEI, 2014; LIMA JÚNIOR et al., 2013), resultando na perda de qualidade dos produtos derivados da pecuária. Entre 2012 – 2015, a seca, que é considerada a pior das últimas décadas, somaram até 2015, perdas na ordem de 6 bilhões de dólares apenas considerado os setores agrícola e pecuário (FARIAS et al., 2017; MARENGO et al., 2016).

A Paraíba possui um rebanho de cerca de 2,1 milhões de animais de grande e médio porte que desempenham importante papel socioeconômico. Os principais representantes desse universo são os bovinos (49,9%) e caprinos (22,75%) (CNA, 2015), distribuídos em cerca de 927.850 estabelecimentos rurais (IBGE, 2016). Grande parte das explorações pecuárias no estado da Paraíba pode ser caracterizada como sendo familiar ou de subsistência, com predominância de exploração mista (produção de carne e leite), criação semiconfinada, com utilização de ordenha manual e monta natural (CLEMENTINO et al., 2015).

Apesar da grande relevância para a região, a pecuária não tem sido considerada quando se trata de avaliar a adequação de índices no monitoramento da seca. Os poucos estudos nessa linha apenas relacionam os índices à diminuição das pastagens naturais (CHANTARAT et al., 2013; VRIELING et al., 2014; TAKAHASHI et al., 2016), sem considerar a diminuição dos rebanhos ou da produção a eles associada.

Diferentes índices podem ser usados no monitoramento de secas, dentre eles se destacando o *Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index* – SPEI, baseado no balanço hídrico climatológico simplificado (precipitação menos evapotranspiração potencial), ajustado a uma distribuição de probabilidade. Este índice apresenta como principais vantagens a incorporação da influência da temperatura sobre a seca através da evapotranspiração, e ser um índice padronizado o que permite a comparação de diferentes graus de severidade, lugares e períodos (BEGUERÍA et al., 2014; POTOP et al., 2012; VICENTE-SERRANO et al., 2010).

Além dos índices que podem ser estimados com dados observados, como é o caso do SPEI, é cada vez mais comum o emprego do sensoriamento remoto para monitorar e avaliar as secas em grandes áreas, especialmente por causa da frequência com que os dados podem ser disponibilizados, e pela cobertura espacial oferecida por eles (PARVIZ, 2016; ANDERSON et al., 2015; EZZINE et al., 2014; DU et al., 2013).

Os índices de seca, estimados a partir de dados de satélites, podem ser baseados na resposta da vegetação, nas condições de temperatura, na precipitação ou na combinação dessas variáveis. O *Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI tem sido largamente utilizado para estimar vários índices de seca dentre os quais está o *Vegetation Condition Index* – VCI (KOGAN, 1995). Também podemos citar o uso do *Temperature Condition Index* - TCI (KOGAN, 1995), calculado a partir de informações da temperatura da superfície terra e o *Precipitation Condition Index* – PCI, estimado a partir dos dados de precipitação. Há também índices compostos, como o *Vegetation Health Index* - VHI (KOGAN, 1997), que combina dos índices VCI e TCI e o *Scaled Drought Condition Index* – SDCI, que combina os índices VCI, TCI e PCI para monitorar a seca.

Embora exista uma ampla aceitação do emprego e da eficácia do uso desses índices para monitorar e avaliar secas no mundo (CUNHA et al., 2015; HAO et al., 2015, EZZINE et al., 2014; ZHANG; JIA, 2013; MISHRA; SINGH, 2010), é necessário avaliar a performance dos índices e selecionar qual seja mais adequado para monitorar a seca em determinada localidade, considerando seus principais impactos. Assim, este trabalho teve como objetivo identificar o índice mais adequado para monitorar a seca em região semiárida considerando os impactos sobre a atividade pecuária. Foram usados dados de estações climatológicas e produtos de sensoriamento remoto para identificar as secas, além da variação dos efetivos dos rebanhos e produção de leite como indicadores socioeconômicos. A análise de correlação linear foi aplicada para avaliar a performance dos índices.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo compreende às bacias do Alto Curso do Rio Paraíba e do Rio Taperoá (Figura 5.1). A região é bastante antropizada, apresenta temperaturas elevadas, fracas amplitudes térmicas anuais e chuvas com grande variabilidade espacial e temporal. A vegetação predominante é a caatinga hiperxerófila. Os solos, com raras exceções, são pouco desenvolvidos, mineralmente ricos, pedregosos e pouco espessos com fraca capacidade de retenção da água (ALVES et al., 2015).

As cidades são pequenas com baixa densidade demográfica, e economia baseada na agropecuária, especialmente a criação de bovinos, caprinos e ovinos, mantidos em pequenas propriedades familiares (ALVES et al., 2015, PEREIRA e ALCANTARA 2015).

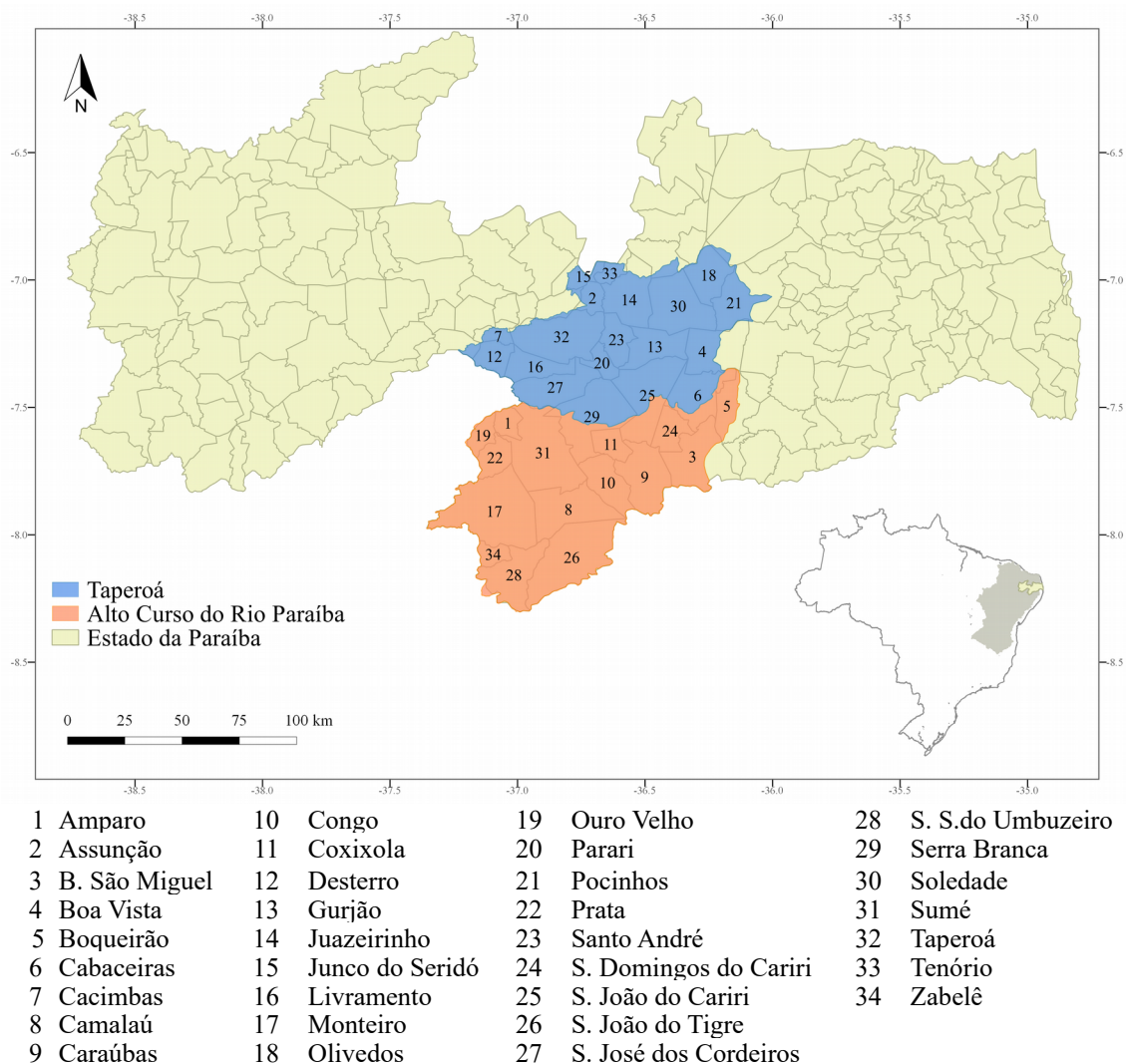


Figura 5.1: Área de estudo. Destaque para a bacia do Taperoá e Alto curso do Rio Paraíba

Fonte: A autora a partir das shapes disponíveis no <http://www.visualizador.inde.gov.br/> e <http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/index.php>

Conjunto de dados

Foram utilizados dados coletados pelo sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) a bordo dos satélites Terra e Aqua. A aquisição de dados do

sensor MODIS é realizada através de 36 bandas espectrais com resoluções espaciais de 250, 500 e 1000 m. Neste estudo foi utilizada a composição mensal do NDVI com 1 km de resolução e o produto MODIS LST, também com resolução de 1 km, disponível para cada 8 dias, sendo os valores mensais obtidos a partir da composição formada pelos valores máximos dos pixels das imagens pertencentes a cada mês. Também foram utilizados os dados do TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*), referentes à precipitação obtidas por sensoriamento remoto. Os dados são disponibilizados como taxa de precipitação mensal (mm/h) com 0,25° de resolução espacial.

Esses produtos permitiram a estimativa dos índices VCI, TCI, PCI, a partir do NDVI, LST e TRMM respectivamente, para o período de 2000 a 2015. Os índices são expressos em uma escala que varia de 0 a 1 de modo que o valor “0” significa a condição mais seca e o valor “1” significa a condição mais úmida. Além da utilização desses índices escalonados isoladamente, também foram testados dois índices que fazem a combinação desses produtos. É o caso do índice de saúde da vegetação VHI, combinação do VCI e TCI, e utilizado para avaliar o estresse relacionado a água e temperatura sofridos pela vegetação, e do índice escalonado de condições de seca SDCI, que é uma combinação ponderada do VCI, TCI e PCI. Este índice foi testado nos Estados Unidos e mostrou-se adequado para monitorar a seca agrícola tanto em regiões úmidas e sub-úmidas, quanto em regiões áridas e semiáridas.

A Tabela 5.1 contém algumas informações sobre os produtos usados na estimativa dos índices. As informações foram obtidas a partir do banco de dados mantido pela NASA EOSDIS *Land Processes Distributed Active Archive Center* no USGS/*Earth Resources Observation and Science Center*, Sioux Falls, Dakota do Sul.

Tabela 5.1. Descrição dos índices de seca por sensoriamento remoto

Índice de seca	Equação	Variável por sensoriamento remoto	Satélite	Produto
VCI	$100 \frac{(NDVI - NDVI_{\min})}{(NDVI_{\max} - NDVI_{\min})}$	NDVI - Normalized Difference Vegetation Index	MODIS	MOD13A v005
TCI	$100 \frac{(LST_{\max} - LST)}{(LST_{\max} - LST_{\min})}$	LST - Land Surface Temperature	MODIS	MOD11A 2 v005

$$PCI = 100 \frac{(TRMM - TRMM_{\min})}{(TRMM_{\max} - TRMM_{\min})}$$

TRMM - Tropical Rainfall Measuring Mission 3B43, v7

$$VHI = 100 \frac{(VCI + TCI)}{2}$$

$$SDCI = 0,25 \times TCI + 0,5 \times PCI + 0,25 \times VCI$$

Onde NDVImáx; NDVImín; LSTmáx; LSTmín e TRMMmáx; TRMMmín são os valores máximos e mínimos de NDVI, LST e TRMM, respectivamente, na série temporal em cada ponto.

Fonte: A autora

Dados mensais de temperatura média e totais precipitados foram obtidos para os municípios da área de estudo a partir do Sistema Nacional de Informações em Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas (ANA) (<http://hidroweb.ana.gov.br/>), para um período de 1950 a 2015 dependendo da disponibilidade de dados para cada município, e utilizados na estimativa do SPEI utilizando o SPEI-package (BEGUERÍA et al., 2014) para o software R Project for Statistical Computing environment (R CORE TEAM, 2017) versão v.3.3.0. O método utilizado para estimativa da evapotranspiração de referência foi Thornthwaite (THORNTHWAITE, 1948), e a distribuição de probabilidade para a qual os dados do balanço hídrico foram ajustados foi a log-Logística, conforme sugerido por (BEGUERÍA et al., 2014). O SPEI pode ser estimado para várias escalas temporais, neste estudo sendo utilizadas as escalas de 3 meses, considerando a seca de curto prazo, e 12 meses para a seca de longo prazo. Uma descrição detalhada dos cálculos do SPEI pode ser encontrada em Vicente-Serrano et al. (2010) e Beguería et al. (2014).

Os dados relativos ao efetivo dos rebanhos (cabeças) de bovino, caprino, suíno e galináceos, assim como o total de leite produzido nos municípios, foram obtidos a partir do banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (IBGE, 2017) disponível para os anos de 2004 – 2015. Esses dados foram selecionados considerando sua disponibilidade e acessibilidade.

Todos os índices foram estimados em escala mensal e, posteriormente, calculado o valor de referência anual para compará-los com os dados de efetivo dos rebanhos e produção. Como a quadra chuvosa na região abrange os meses de fevereiro a maio, utilizou-se a média dos valores observados nesses meses para compor os índices de seca anuais, uma vez que, para classificar o ano como seco, interessa saber se houve seca na

quadra chuvosa, período no qual ocorrem cerca de 70% das chuvas relevantes para minimizar os efeitos da estiagem.

Foram realizadas análises de correlação utilizando o coeficiente de Pearson entre os valores dos índices de seca (SPEI-3, SPEI-12, VCI, TCI, PCI, VHI, SDCI) com os dados de efetivo dos rebanhos e produção de leite, para o período de disponibilidade comum aos dados (2004-2015), a fim de avaliar a capacidade dos índices para monitorar a seca considerando os impactos sobre a pecuária. As correlações foram classificadas em perfeita ($r=1$), forte ($r>0,75$), moderada ($0,75>r>0,5$), fraca ($r<0,5$) e inexistente ($r=0$).

Utilizando o pacote estatístico R Development Core Team (v.3.3.0), aplicou-se a técnica de agrupamento com base na distância Euclidiana sobre a série anual padronizada da produção de leite e dos efetivos dos rebanhos (2004 – 2015) de cada município. Foi usado o método aglomerativo e hierárquico de ligação simples de Wards (método da variância mínima) a fim de identificar grupos com comportamento semelhante entre si e distinto um dos outros. A Figura 5.2 esboça um resumo da metodologia empregada.

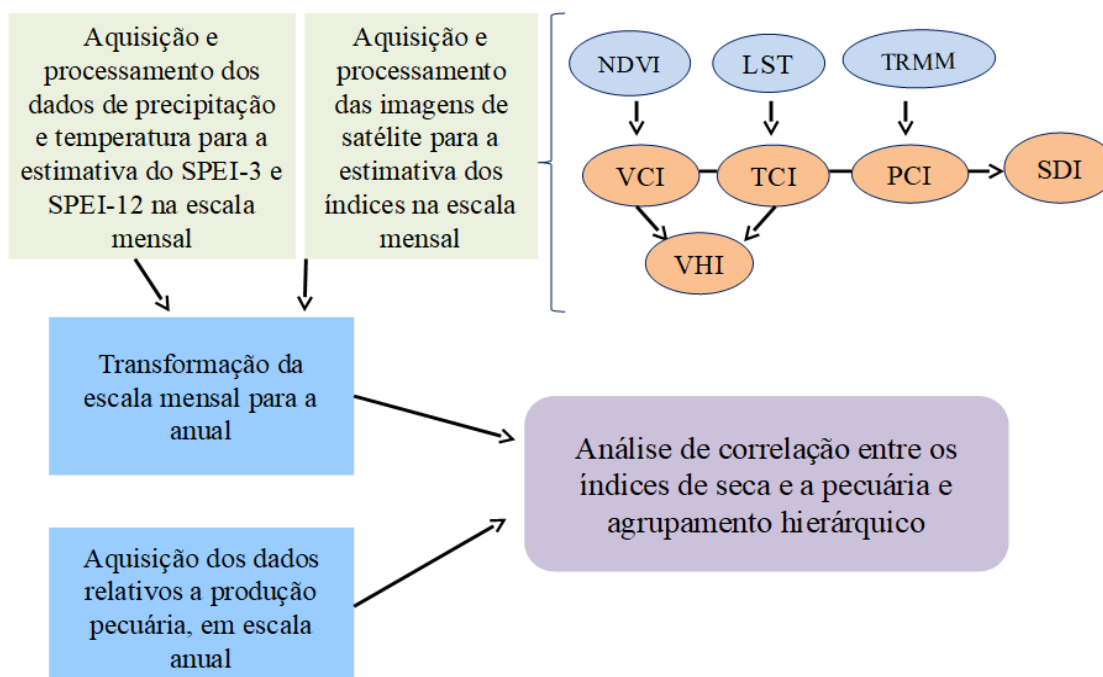


Figura 5.2: Esquema da metodologia empregada

Fonte: A autora

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ano mais seco para o período de 2000 – 2015 foi o ano de 2012, fato observado para todos os índices que detectaram seca severa/extrema na área de estudo, com valores abaixo de 35% para os índices por sensoriamento remoto e abaixo de -1,5 para o SPEI-3, como observado na Figura 5.3. A exceção foi o SPEI-12, para o qual o ano mais seco foi o de 2013, devendo-se isso ao fato do índice utilizar o acúmulo de precipitações dos últimos doze meses, ou seja, o índice de 2012, embora baixo, sofreu um pouco de influência das precipitações ocorridas em 2011, já o índice de 2013 reflete toda a seca que se instalou na região a partir de 2012 e que se estendeu para o ano de 2013.

Os índices refletem, nas duas sub-bacias, o início, duração e severidade da seca que se iniciou em 2012, ano no qual se observa queda abrupta nos índices em todos os gráficos e para todos os municípios (Figura 5.3). Em 2014, observa-se uma leve recuperação, mas os índices voltam a diminuir em 2015 mostrando que a seca ainda não havia acabado, fato de acordo com os totais anuais de chuva ocorridos nas duas bacias (Figura 5.4). As precipitações ocorridas em 2014 e 2015 não foram suficientes para representar uma melhoria significativa na situação de seca, o que pode ter contribuído para o agravamento dos efeitos dos danos oriundos do desastre.

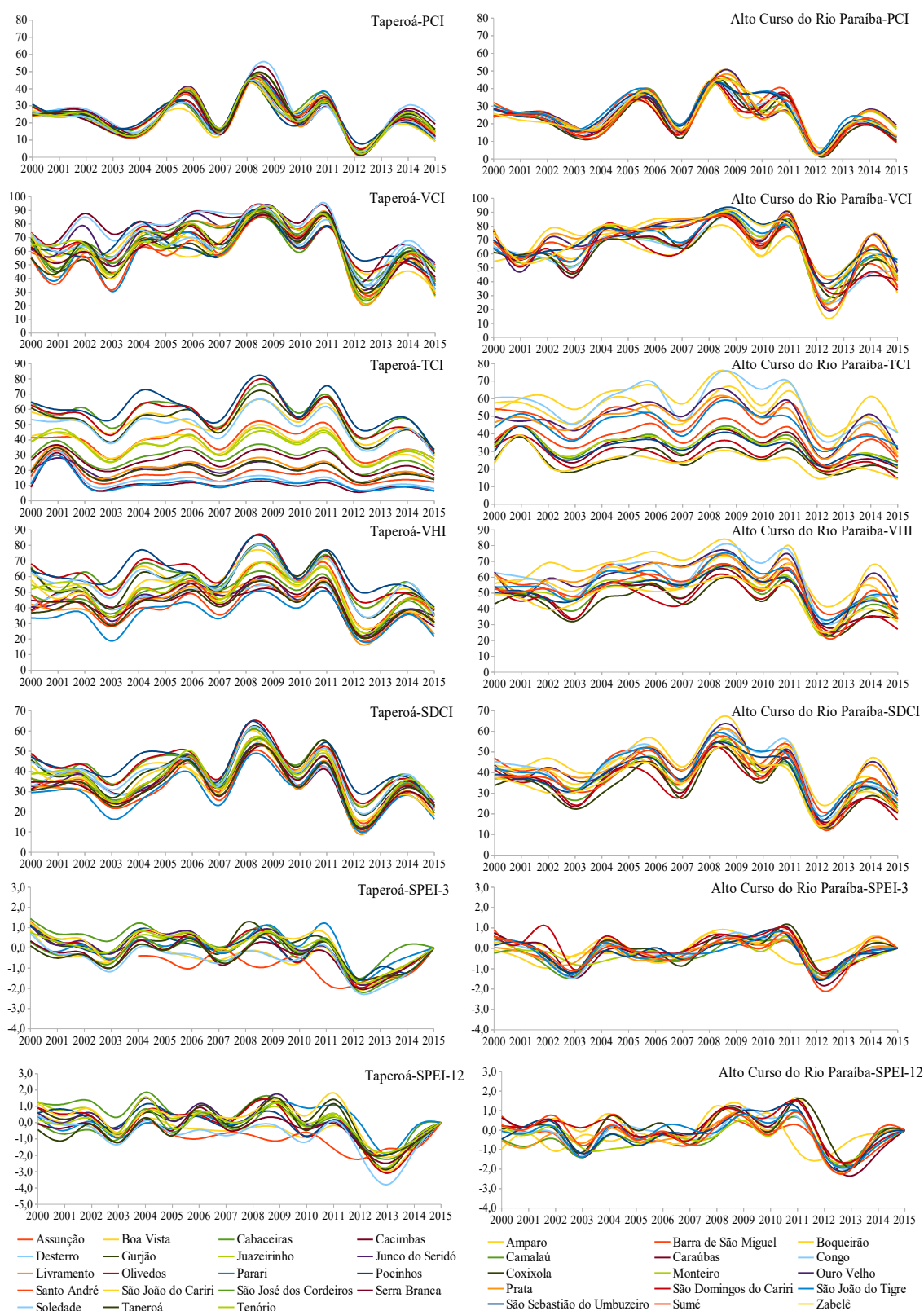


Figura 5.3: Padrão de variação dos índices de seca para a região do Alto Curso do Rio Paraíba e sub Bacia do Taperoá

Fonte: A autora, a partir dos dados de precipitação disponíveis no sistema de informações da Agência Nacional de Águas – ANA (<http://hidroweb.ana.gov.br/>) e NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center (<https://lpdaac.usgs.gov/>)

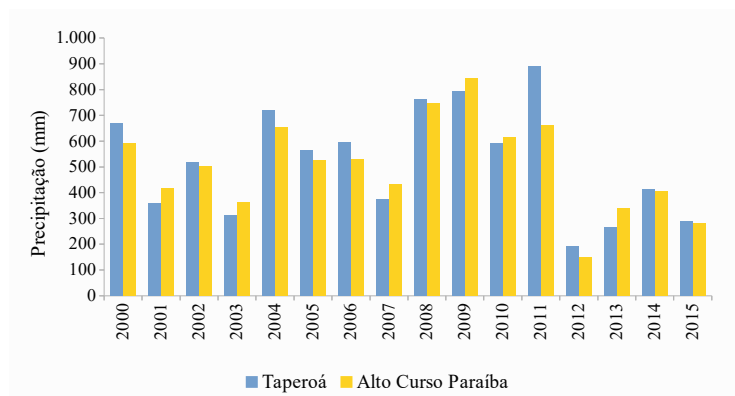


Figura 5.4: Totais anuais de chuvas na bacia do Taperoá e Sub-bacia do Alto Paraíba

Fonte: A autora, a partir dos dados de precipitação disponíveis no sistema de informações da Agência Nacional de Águas – ANA (<http://hidroweb.ana.gov.br/>)

Marengo et al. (2016) realizaram uma análise da seca de 2012 – 2015 no semiárido nordestino, mostrando que houve grande concentração de dias com déficit hídrico, nesse período, na região central e oeste do estado da Paraíba, onde se localiza a região de estudo. É relatado que a intensidade máxima da seca ocorreu durante o ano hidrológico de 2012-2013, perdurando nos anos seguintes com menor intensidade. Esse comportamento também foi verificado no atual estudo através da análise temporal dos índices de seca.

Foram analisadas as correlações entre os índices de seca, a produção de leite e os efetivos dos rebanhos bovino, caprino, suíno e galináceos. As melhores correlações foram verificadas entre os índices VCI e VHI, com a produção de leite e efetivo de bovino. Na Figura 5.5 ilustram-se os municípios que apresentam correlação forte, média e baixa, simultaneamente para os índices VCI e VHI, enquanto que na Tabela 5.2 são mostrados os números de municípios por classe de correlação nos cinco índices avaliados.

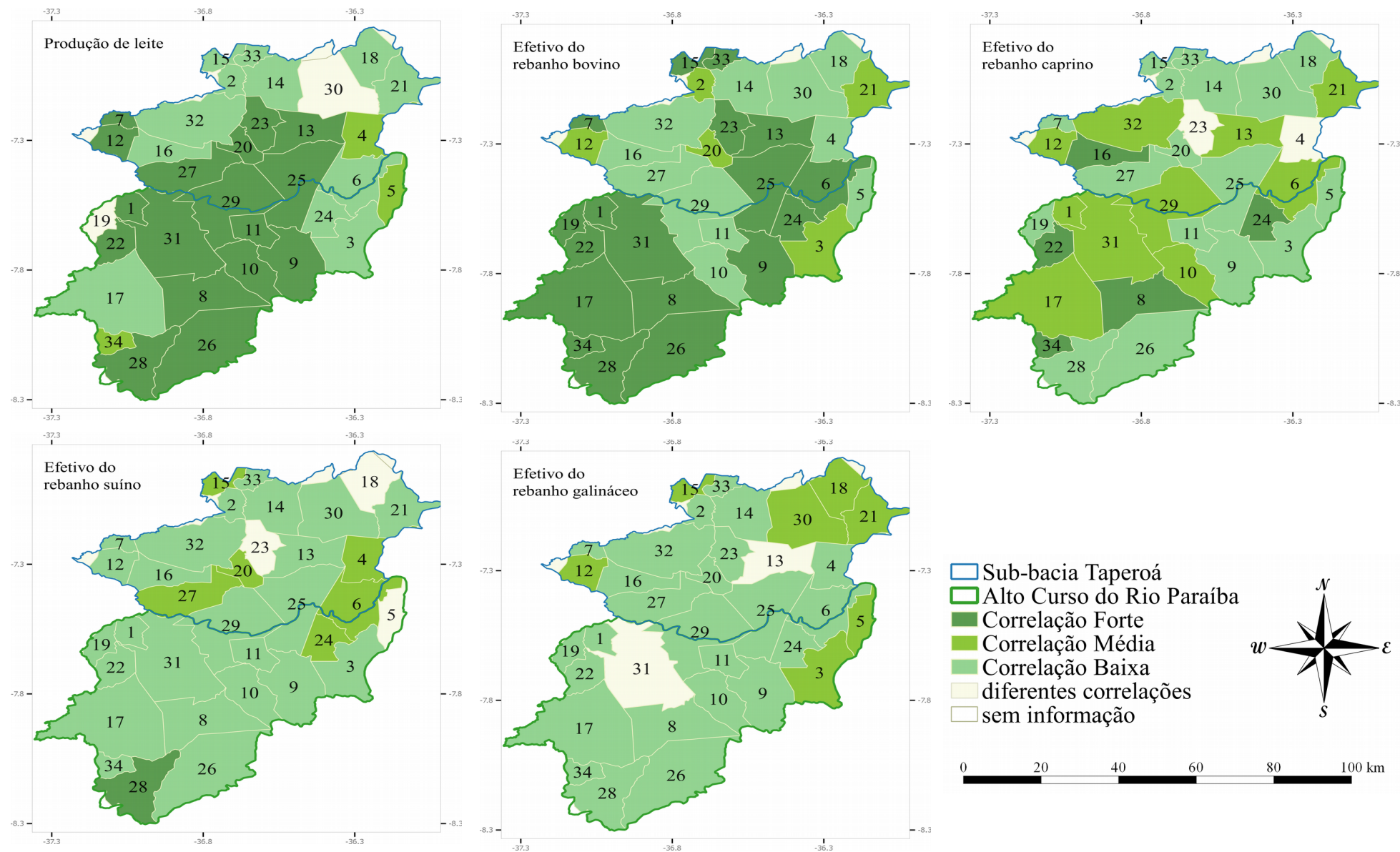


Figura 5.5: Correlação entre índices VCI e VHI com a produção de leite e efetivo dos rebanhos

Fonte: A autora a partir dos dados disponíveis no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (<https://cidades.ibge.gov.br/>), na NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center (<https://lpdaac.usgs.gov/>) e das shapes disponíveis no <http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/index.php>)

Tabela 5.2. Número de municípios por classes de correlação entre índices de seca e produção de leite/efetivo dos rebanhos

		PCI	VCI	TCI	VHI	SDCI	SPEI-3	SPEI-12
Correlação Forte	Produção de leite	7	17	18	18	16	10	14
	Efetivo bovino	3	18	13	17	14	10	14
	Efetivo caprino	0	5	4	6	3	11	7
	Efetivo suíno	0	2	2	1	1	4	4
	Efeito galináceo	0	0	0	0	0	2	2
Correlação Média	Produção de leite	14	4	4	4	5	7	4
	Efetivo bovino	14	5	9	6	9	8	4
	Efetivo caprino	10	11	10	11	10	4	9
	Efetivo suíno	1	6	8	8	4	5	7
	Efeito galináceo	4	9	12	7	6	5	3
Correlação Fraca	Produção de leite	13	13	12	12	13	11	10
	Efetivo bovino	17	11	12	11	11	10	10
	Efetivo caprino	24	18	20	17	21	13	12
	Efetivo suíno	33	26	24	25	29	19	17
	Efeito galináceo	30	25	22	27	28	21	23

Fonte: A autora a partir dos dados disponíveis no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (<https://cidades.ibge.gov.br/>), na NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center (<https://lpdaac.usgs.gov/>)

A produção de leite apresentou boas correlações principalmente com os índices VCI, TCI e VHI que utilizam informações das condições de vegetação e temperatura, e correlações mais baixas com os demais índices que usam informações da precipitação. Podem ter contribuído para esse comportamento a baixa resolução do sensor TRMM (aproximadamente 25 km) se comparada ao sensor MODIS (1 km), e o número reduzido de estações climatológicas utilizadas. Só houve disponibilidade de dados em uma estação na maioria dos municípios, e para os municípios de Assunção, Desterro, Livramento, Ouro Velho e Zabelê não houve dados de precipitação disponíveis para a estimativa dos índices SPEI.

A correlação entre o efetivo do rebanho bovino e os índices de seca apresentaram correlações semelhantes a produção de leite, no entanto houve um número menor de correlações fortes com o TCI, indicando que essa variável é menos influenciada pela temperatura que a produção de leite.

Apesar do baixo número de estações com disponibilidade de dados para estimativa do SPEI-3, este foi o índice que apresentou o maior número de municípios de correlações altas com o efetivo do rebanho de caprino, onze no total. Já para os efetivos dos rebanhos suínos e galináceos, as correlações foram baixas para quase todos os índices e municípios avaliados, sendo os melhores resultados para o SPEI-3 e SPEI-12 com quatro municípios apresentando correlação forte para os suínos e duas com para os galináceos.

Embora as correlações tenham sido baixas para alguns rebanhos, ainda assim é possível perceber que todas as variáveis apresentam queda em seus valores médios tanto na sub-bacia do Taperoá quanto no Alto Rio Paraíba, e que a diminuição desses valores acompanha a diminuição nos índices de seca. Nota-se que a sub-bacia do Taperoá, embora tenha um efetivo de rebanho bovino menor em números absolutos, possui maior produção de leite que região do Alto Curso do Rio Paraíba e queda da produção bem mais acentuada no ano de 2012. Farias et al., (2017) analisaram os impactos da seca de 2012 – 2013 em Boqueirão, município localizado no Alto Curso do Rio Paraíba, e observaram o mesmo comportamento de redução no número de animais com recuperação a partir de 2014.

Apenas o efetivo do rebanho de galináceos apresentou comportamento diferente. Apesar da seca, esse rebanho apresentou valores sempre crescentes na sub-bacia do Taperoá e permaneceu praticamente inalterado na Região do Alto Curso do Rio Paraíba. Alcântara (2013), a partir do diagnóstico social, econômico e ambiental realizado na região constatou que alguns produtores rurais no município de São João do Cariri (25) migraram para a criação de aves em detrimento a criação de gado, caprinos e ovinos, o que pode ser uma tendência na região.

É apresentada na Figura 5.6 e 5.7 a variação média anual da produção de leite e efetivo dos rebanhos com os índices de seca anual. Para melhor visualização no gráfico a média da produção de leite e do efetivo do rebanho suíno foram multiplicados por dez, e a média do rebanho galináceo foi dividida por dez.

O número de caprinos é superior ao de bovinos, embora a variação no efetivo do rebanho seja menor, fato atribuído à maior resistência e adaptação à restrição hídrica e alimentar dos caprinos se comparados aos bovinos. Os caprinos reduzem perdas hídricas nas fezes e urina além de apresentarem mecanismos de termorregulação pelo suor e respiração com baixa perda de água (ARAÚJO et al., 2011). É possível notar que o rebanho de caprinos começa sua recuperação em plena seca, ainda no ano de 2013. De acordo com Sandoval Júnior et al. (2011) o ciclo reprodutivo das cabras e ovelhas é relativamente curto conferindo aos rebanhos maior resiliência à perda de animais, e rápida recuperação do tamanho do rebanho quando comparado ao bovino. Essas características tornam os caprinos mais adaptados às condições de seca



Figura 5.6: Variação média da produção de leite, efetivo dos rebanhos e índices de seca anuais na sub-bacia do Taperoá

Fonte: A autora a partir dos dados disponíveis no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (<https://cidades.ibge.gov.br/>), na NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center (<https://lpdaac.usgs.gov/>)



Figura 5.7: Variação média da produção de leite, efetivo dos rebanhos e índices de seca anuais no Alto Curso do Rio Paraíba

Fonte: A autora a partir dos dados disponíveis no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (<https://cidades.ibge.gov.br/>), na NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center (<https://lpdaac.usgs.gov/>)

O grau de proximidade entre as variáveis padronizadas de produção de leite e efetivo dos rebanhos foi medido adotando o critério da distância Euclidiana, onde as menores distâncias indicam maior similaridade. A Tabela 5.3 contém o número de grupos formados para cada variável e os coeficientes de aglomeração pelo método de Wards. O coeficiente de aglomeração é a soma interna dos quadrados das distâncias (segmento de reta) entre o agrupamento de dois grupos consecutivos. Quando se utiliza métodos aglomerativos, coeficiente próximo a 1 indica bom grau de relação entre os membros do grupo.

Tabela 5.3. Coeficientes de aglutinação e número de grupos formados

	Coeficiente aglomeração	de N. de grupos formados	Número de elementos por grupo		
			1	2	3
Produção de leite	0,92	3	19	11	4
Efetivo do rebanho bovino	0,84	3	17	8	9
Efetivo do rebanho caprino	0,85	3	15	12	7
Efetivo do rebanho suíno	0,85	3	16	11	7
Efetivo do rebanho galináceo	0,90	2	19	15	0

Fonte: A autora a partir dos dados disponíveis no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (<https://cidades.ibge.gov.br/>)

É mostrado, na Figura 5.8, o dendograma dos grupos homogêneos formados a partir da análise de agrupamento das variáveis de produção de leite e do efetivo dos rebanhos. Houve a formação de dois grupos para o efetivo de galináceo e três para as demais variáveis. Já a Figura 5.9 contém a espacialização dos grupos na área de estudo. O primeiro grupo é sempre o que contém o maior número de elementos, e é nesse grupo que se concentram as melhores correlações com os índices de seca.

Pela análise comparativa das Figuras 5.5 e 5.9 nota-se a grande semelhança entre os municípios que apresentaram alta correlação com os índices de seca com os municípios que formam o Grupo 1 para as variáveis produção de leite e efetivo do rebanho bovino. Em se considerando as correlações fortes e médias entre os índices de seca e o efetivo dos caprinos verifica-se que estes municípios são praticamente os mesmos que formam o Grupo 1 para os caprinos.

Já para o efetivo dos rebanhos suínos e galináceos não foram observadas relações entre o padrão de agrupamento e as correlações com os índices de seca, mas verifica-se que quase todas as correlações foram baixas, sugerindo que a criação desses animais seriam menos dependentes dos recursos naturais afetados pela seca.

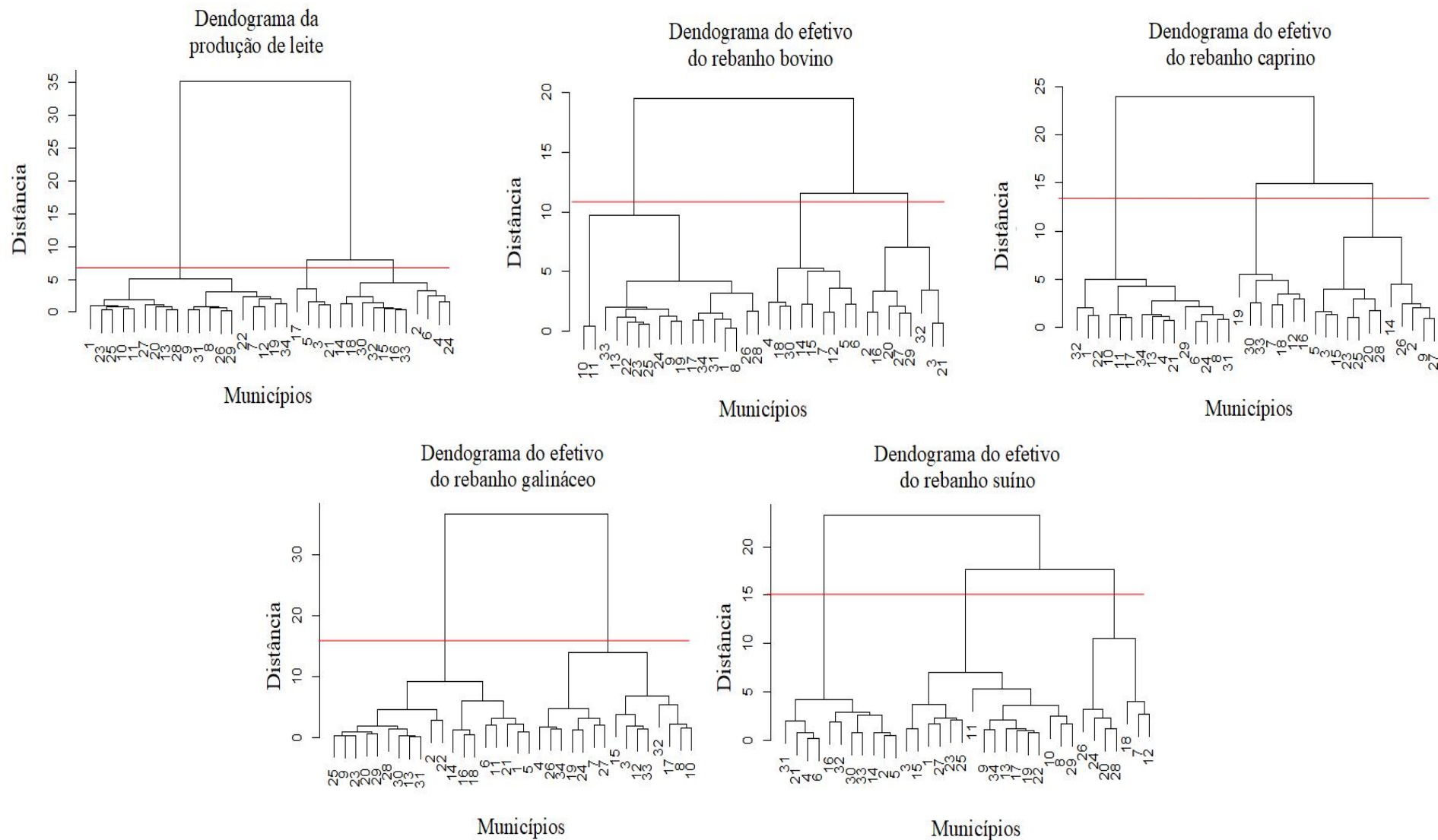


Figura 5.8: Totais anuais de chuvas na bacia do Taperoá e Sub-bacia do Alto Paraíba

Fonte: A autora a partir dos dados disponíveis no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (<https://cidades.ibge.gov.br/>)

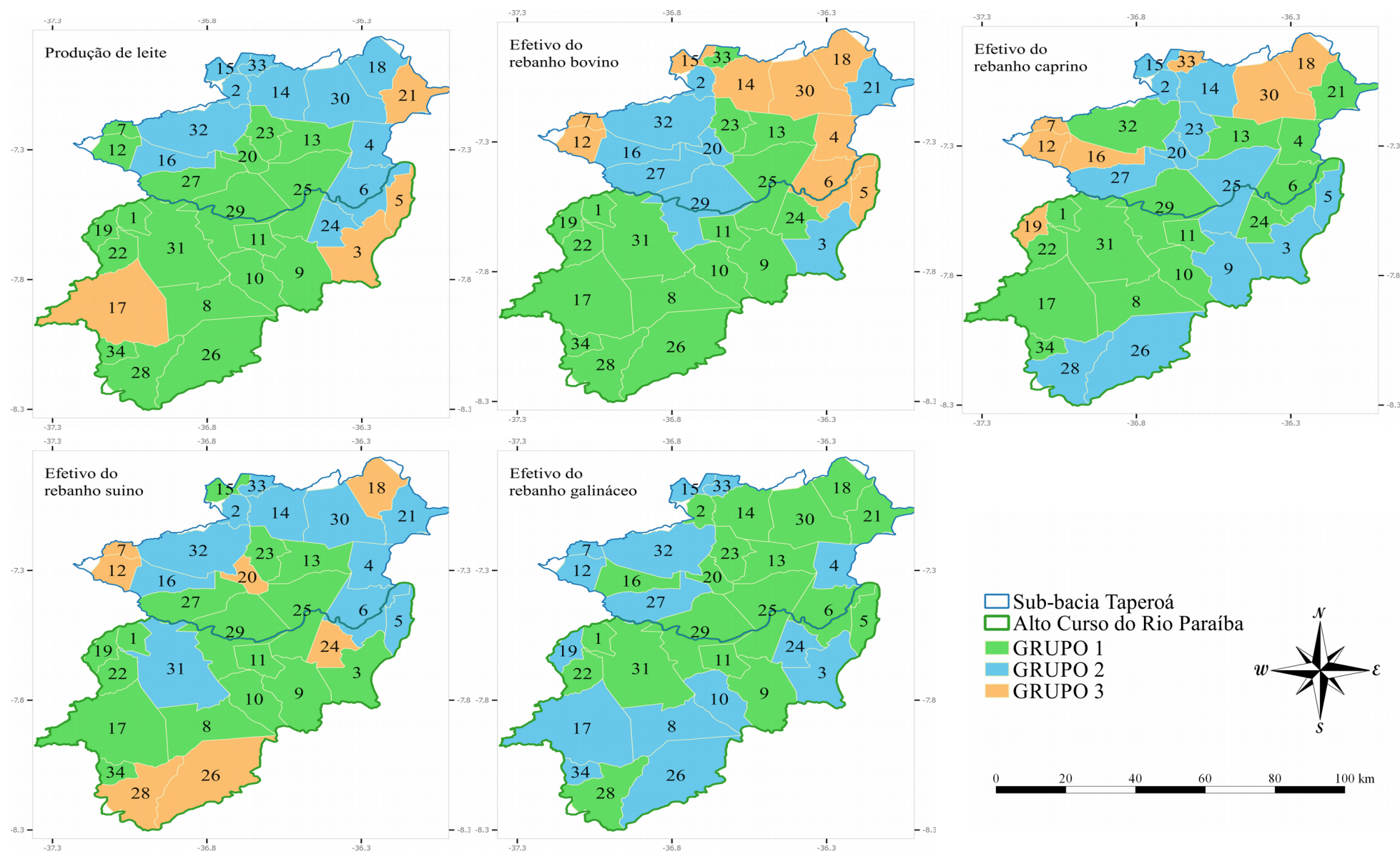


Figura 5.9: Totais anuais de chuvas na bacia do Taperoá e Sub-bacia do Alto Paraíba

Fonte: A autora a partir dos dados disponíveis no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (<https://cidades.ibge.gov.br/>), na NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center (<https://lpdaac.usgs.gov/>) e das shapes disponíveis no <http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportall/index.php>)

Observa-se que a maioria dos municípios da Bacia do Alto Paraíba formam o Grupo 1 para a produção de leite e efetivo dos rebanhos bovinos e caprinos. Esses são os municípios que apresentam o maior número de animais para esses rebanhos e as melhores correlações com os índices de seca, sugerindo maior dependência da produção agropecuária dessa bacia aos recursos naturais afetados pela seca, como pastagem nativa e precipitação, uma vez que o aumento ou diminuição dos rebanhos e da produção de leite acompanham a variação dos índices de seca.

Considerando a produção média de leite por número de habitantes da zona rural observa-se que dos 10 maiores produtores de leite apenas dois estão na Bacia do Alto Paraíba. Já com relação aos animais por habitante, a bacia do Alto Paraíba possui cinco dos dez maiores rebanhos de bovinos, sete dos de caprinos e seis dos de suínos e galináceos, o que significa que essa bacia possui o maior número de rebanhos por habitantes da zona rural. Por essa razão os impactos negativos da seca sobre a agropecuária devem receber maior atenção na gestão da seca nessa região, visando reduzir as perdas econômicas e os custos associados às ações reativas e de recuperação.

Na Bacia do Alto Paraíba se destacam os municípios de Monteiro (17) com o maior número absoluto de bovino e caprinos e Sumé (31) com o maior número de suínos. Já na Bacia do Taperoá há Pocinhos (21) com o maior efetivo de galináceos em número absoluto e por habitante da zona rural e o município de Taperoá (32) com a maior produção de leite.

5.4 CONCLUSÕES

Os índices de seca analisados apresentaram correlações fortes principalmente com a com a produção de leite e efetivo do rebanho bovino, e correlações média-fortes com o efetivo de caprinos. Cerca da metade dos municípios apresentou correlações fortes entre a produção de leite e os índices VCI, TCI, VHI e SDCI, e entre o efetivo do rebanho bovino e os índices VCI e VHI.

Os índices VCI e VHI, seguidos pelo SPEI-12, foram os que apresentaram maior número de municípios com correlações fortes considerando todas as variáveis analisadas, sendo portanto os índices que possuem melhor potencial de uso como

ferramenta para aplicação de medidas de monitoramento e gestão que visem a diminuição dos prejuízos gerados pela seca sobre a atividade pecuária.

A Bacia do Alto Paraíba apresentou maior número de municípios com correlações fortes que a Bacia do Taperoá, e também possui maior número de rebanhos por habitantes da zona rural, demonstrando ser bastante dependente dos recursos naturais, como mostrado pela alta correlação observada entre as variáveis pecuárias e os índices de seca.

5.5 LITERATURA CITADA

ALCÂNTARA, H. M. **Estabelecimento de metodologia para a conservação e recuperação de pequenas bacias hidrográficas do semiárido**. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 141 f. 2013.

ALVES, T.; AZEVEDO, P. V.; DOS SANTOS, C. A. C. Influence of climate variability on land degradation (desertification) in the watershed of the upper Paraíba River. **Theoretical and Applied Climatology**. Publicação online 02 de novembro 2015. DOI 10.1007/s00704-015-1661-1.

AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY. METEOROLOGICAL DROUGHT. ADOPTED BY AMS Council on 23 December 2003. **Bulletin of the American Meteorological Society**, No. 85. Disponível em: <<http://www.ametsoc.org/policy/droughtstatementfinal0304.html>>. Acesso em 02 jun. 2014.

ANDERSON, M. C.; ZOLIN, C. A.; HAIN, C. R.; SEMMENS, K.; YILMAZ, M. T.; GAO, F. Comparison of satellite-derived LAI and precipitation anomalies over Brazil with a thermal infrared-based Evaporative Stress Index for 2003–2013. **Journal of Hydrology**, v. 526, p. 287-302, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.01.005>

ARAÚJO, G. G. L.; VOLTOLINI, T. V.; TURCO, S. H. N.; PEREIRA, L. G. R. A água nos sistema de produção de caprinos e ovinos. In: Produção de caprinos e ovinos no semiárido. In: VOLTOLINI, T. V. (Ed.) **Produção de caprino e ovino no semiárido**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011, cap. 3, p. 69-93.

BEGUERÍA, S.; VICENTE-SERRANO, S. M.; REIG, F.; LATORRE, B. Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) revisited: parameter fitting, evapotranspiration models, tools, datasets and drought monitoring, **International Journal of Climatology**, doi: 10.1002/joc.3887, 2014.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Anuário brasileiro de desastres naturais: 2013**. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. Brasília: 45 CENAD, 106 p, 2014. Disponível em: <<http://www.integracao.gov.br/defesa-civil/publicacoes>>. Acesso em: 02 jun. 2017.

CHANTARAT, S.; MUDE, A.G.; BARRETT, C.B.; CARTER, M.R. Designing index-based livestock insurance for managing asset risk in northern Kenya. **Journal of Risk and Insurance**, v. 80, n. 1, p. 205-237, mai. 2013. doi: 10.1111/j.1539-6975.2012.01463.x

CLEMENTINO, I. J.; PIMENTA, C. L. R. M.; FERNANDES, L. G.; BEZERRA, C. S.; ALVES, C. J.; DIAS, R. A.; AMAKU, M.; FERREIRA, F.; TELLES, E. O.; GONÇALVES, V. S. P.; FERREIRA NETO, J. S.; AZEVEDO, S. S. Caracterização da pecuária bovina no Estado da Paraíba, Nordeste do Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 557-570, 2015. DOI: 10.5433/1679-0359.2015v36n1p557.

CNA. **Valor Bruto da Produção agropecuária (VBP) de 2015 deve ser 15,6% maior que o calculado em 2014**. Brasília: CNA, 2015. Disponível em <<http://www.canaldoprodutor.com.br/sites/default/files/boletim-VBP-n9.pdf>>. Acesso em 28 de setembro de 2017.

CUNHA, A. P. M.; ALVALÁ, R. C.; NOBRE, C. A.; CARVALHO, M. A. Monitoring vegetative drought dynamics in the Brazilian semiarid region. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 214, p. 494-505, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.09.010>

DU, L.; TIAN, Q.; YU, T.; MENG, Q.; JANCOS, T.; UDVARDY, P.; HUANG, Y. A. Comprehensive drought monitoring method integrating MODIS and TRMM data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, n. 23, p. 245-253, 2013.

EZZINE, H.; BOUZIANE, A.; OUAZAR, D. Seasonal comparisons of meteorological and agricultural drought indices in Morocco using open short time-series data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 26, p. 36-48, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2013.05.005>

FARIAS, A. A.; SOUSA, F. A. S.; NETO, J. M. M.; ALVES, A. S. Secas e seus impactos no município de Boqueirão, PB, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, v. 12, n. 2, p. 316-330, 2017.

HAO, C.; ZHANG, J.; YAO, F. Combination of multi-sensor remote sensing data for drought monitoring over Southwest China. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 35, p. 270-283, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2014.09.01>.

HEIM, R. R. A review of twentieth-century drought indices used in the United States. **Bulletin of the American Meteorological Society**, n. 83, p. 1149-1165, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades@**, 2016. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=25&search=paraiba>>. Acesso em: 11 de set. 2017.

KOGAN, F. N. Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. **Advances in Space Research**, v. 15, n. 11, p. 91-100, 1995.

KOGAN, F.N. Global drought watch from space. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 78, n. 4, p. 621-636, abr. 1997. doi: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0477\(1997\)078<0621:GDWFS>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0477(1997)078<0621:GDWFS>2.0.CO;2)

LIMA JÚNIOR, D.M.; RANGEL, A.H.D.N., URBANO, S.A., OLIVEIRA, J.P.F.D., ARAÚJO, T.L.A.C.D. Silagem para vacas leiteiras no semiárido. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 9, n. 2, p. 33-42, jun. 2013.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P.; ALVES, L. M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Climanálise**, v. 3, p. 1-6, 2016.

MCCLARAN, M.P.; WEI, H. Recent drought phase in a 73-year record at two spatial scales: implications for livestock production on rangelands in the Southwestern United States. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 197, p. 40-51, out. 2014.

MISHRA, A. K.; SINGH, V. P. A review of drought concepts. **Journal of Hydrology**, v. 391, p. 202-216, 2010.

PARVIZ, L. Determination of effective indices in the drought monitoring through analysis of satellite images. **Agriculture & Forestry/Poljoprivreda i Sumarstvo**, v. 62, n. 1, p. 305-324, 2016.

PEREIRA, R. A.; ALCÂNTARA, C. R. Perfil do produtor rural no município de São João do Cariri e seus reflexos no processo produtivo: entre o tradicional e o moderno. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 3, p. 350-365, 2015.

POTOP, V.; MOŽNÝ, M.; SOUKUP, J. Drought evolution at various time scales in the low land regions and their impact on vegetable crops in the Czech Republic. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 156, p. 121-133. 2012.

R CORE TEAM (2017). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

SANDOVAL JUNIOR., P.; VIDAL OLIVEIRA, R.; ARAGÃO, I. M. A.; MATOS, R. S. V.; SALLUM, W. B. **Manual de criação de caprinos e ovinos**. Brasília: CODEVASF, 2015. 141p.

TAKAHASHI, K.; IKEGAMI, M.; SHEAHAN, M.; BARRETT, C. B. Experimental evidence on the drivers of index-based livestock insurance demand in Southern Ethiopia. **World Development**, v. 78, p. 324-340, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.10.039>

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**. v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

VICENTE-SERRANO, S. M.; BEGUERÍA, S.; LÓPEZ-MORENO, J. I. A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. **Journal of Climate**, v. 23, p.1696-1718, 2010.

VRIELING, A.; MERONI, M.; SHEE, A.; MUDE, A.G.; WOODARD, J.; DE BIE, C.K.; REMBOLD, F. Historical extension of operational NDVI products for livestock insurance in Kenya. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 28, p. 238-251, mai. 2014.

CAPÍTULO VI

ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO E GESTÃO DO RISCO: O CASO DAS CISTERNAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO²

RESUMO: O Semiárido brasileiro está sujeito a secas cada vez mais severas em razão das mudanças climáticas, o que exige a adoção de medidas mitigadoras e adaptativas. Essas medidas serão mais eficientes se favorecerem ações proativas que minimizem a vulnerabilidade e gerenciem o risco de secas. A captação e o armazenamento da água de chuva em cisternas foram idealizados como medidas de gestão do risco e têm sido apontados como estratégia de sucesso no processo de adaptação de comunidades vulneráveis à seca. No entanto, os mecanismos de suporte ao uso das cisternas possuem falhas, favorecendo seu uso na gestão de crise para o armazenamento não água de chuva, mas da fornecida por carros-pipas. Com base nesses pressupostos e utilizando dados disponibilizados pelo Observatório da Seca, apresentam-se reflexões acerca da eficácia das cisternas como medida de adaptação e gestão do risco. Foi observado que as cisternas são úteis na gestão do risco e da crise, no entanto ainda há dificuldades em se mensurar sua contribuição para a redução da vulnerabilidade à seca. Além disso, os problemas relacionados ao sistema podem contribuir para seu emprego prioritário na gestão da crise, ao invés de assumir o seu papel genuíno de adaptação e gestão de riscos.

PALAVRAS-CHAVE: secas; aproveitamento da água de chuva; vulnerabilidade; recursos hídricos

STRATEGIES FOR ADAPTATION AND RISK MANAGEMENT: THE CASE OF CISTERNS IN THE BRAZILIAN SEMI-ARID

ABSTRACT: The Brazilian Semiarid region is vulnerable to the climate variability and change, therefore adaptation and mitigation measures are demanded in this context. In order to be effective, these measures must be taken as proactive actions to minimize the vulnerability and promote a better drought risk management. In this frame of actions,

2. Trabalho publicado na Revista ClimaCom; ISSN 2359-4705

the rainwater harvesting and the use of cisterns were planned as a risk management measure. In fact, they have been reported as a successful strategy to mitigate the effect of the dry seasons in rural communities. However, the rainwater harvesting conception faces conflicts with the current use of these systems, and encourage their main role as a crisis management measure, especially when the cisterns are used to store water from water tank trucks. Taking these facts into account and analyzing data provided by the Observatório da Seca, the effectiveness of the use of cisterns as a measure of adaptation and risk management was investigated. It was observed that the cisterns are both effective tools for risk and crisis management. However, there are still obstacles to measure their actual contribution towards the vulnerability reduction in the current reality. Furthermore, problems in this scheme may increase the use of cisterns as a crisis management measure, rather than assuming its genuine role as adaptation and risk management initiative.

KEYWORDS: drought; rainwater harvesting; vulnerability; water resources.

6.1 INTRODUÇÃO

A seca é um evento climático extremo de consequências majoritariamente negativas para o meio ambiente e o bem-estar humano. Embora a classificação de secas possa ser baseada em diferentes perspectivas – meteorológica, agrícola, hidrológica ou socioeconômica (AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY, 2003) –, os baixos índices pluviométricos são os principais fatores que as geram.

No Brasil, a região do Semiárido é historicamente marcada pela ocorrência de secas, as quais, segundo o Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC (2014), poderão aumentar em frequência, causando, assim, mais impactos. Essa região também é atingida pelo desequilíbrio entre a demanda e a disponibilidade de água, que caracteriza a escassez hídrica (ALBUQUERQUE; RÊGO, 1999) e agrava a situação da seca, por ser consequência da utilização indevida dos recursos hídricos existentes.

Nesse contexto, o Semiárido brasileiro ocupa uma posição de alerta, com graves danos e prejuízos socioeconômicos registrados nessa região (BRASIL, 2014). Esses impactos são compatíveis com a significativa falta de preparação diante do atual quadro

de variabilidade climática, que requer maior ênfase na implementação de medidas de mitigação e adaptação para diminuir a vulnerabilidade dos atingidos por secas.

Adaptação à variabilidade e às mudanças climáticas implica ações e ajustes realizados nos sistemas, naturais ou humanos, para manter a capacidade de lidar com estímulos reais ou esperados e seus efeitos. Desta forma, estratégias de adaptação à seca podem favorecer ações proativas que venham a minimizar o grau de vulnerabilidade local, tornando a região ou comunidade mais resilientes e sustentáveis (BANERJEE, 2015; STUCKER; LOPEZ-GUNN, 2015; LINDOSO et al., 2014).

Embora ações de gestão durante a ocorrência de crises sejam importantes para aliviar as perturbações de curto prazo, elas são, em sua maioria, de caráter assistencialista e incapazes de aumentar, em longo prazo, a resiliência dos afetados pela seca (DING et al., 2011). Por esse motivo, a gestão da seca requer estratégias focadas na gestão do risco, que envolve ações de planejamento proativo e de mitigação, em detrimento da gestão da crise, que se caracteriza pela reação emergencial à seca e a seus impactos (FONTAINE, STEINEMANN, HAYES, 2012; WILHITE, 2011).

A busca de soluções de caráter imediato para os problemas decorrentes das secas foi exaustivamente repetida, e validada como ineficaz nas últimas décadas. A adaptação à seca é uma das recentes proposições para minimizar esses problemas. No entanto, como essa adaptação deve ser proposta e avaliada? E quais considerações devem ser aplicadas em uma realidade de variabilidade e mudanças climáticas? Essas perguntas têm pautado as recentes soluções apresentadas e, dentre elas, a construção de cisternas tem se destacado pela sua adoção por programas sociais e governamentais. O presente estudo é motivado por essas questões. Como suporte, foram analisadas relações dessa alternativa como medida de gestão do risco e gestão de crise.

6.2 O PROBLEMA DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE COMUNIDADES DIFUSAS NA REGIÃO SEMIÁRIDA

Existe uma complexa infraestrutura de pequenos e grandes reservatórios no Semiárido brasileiro para o enfrentamento de períodos de secas. Os grandes reservatórios são projetados para suprir a demanda hídrica mesmo diante de secas plurianuais, atendendo aos aglomerados urbanos, perímetros irrigados e demais

atividades econômicas, de maneira que a água neles armazenada responde pela maior parcela da disponibilidade hídrica no semiárido, tornando-se a fonte hídrica mais relevante da região.

No entanto, fora das cidades e de outros núcleos urbanos há um número considerável de famílias para as quais o abastecimento de água continua sendo um desafio (NÓBREGA et al. 2012), pois suas habitações encontram-se distantes dos serviços de saneamento. Muitas buscam água em pequenos reservatórios (barreiros), que são vulneráveis a longas secas e onde a qualidade da água para consumo humano é duvidosa, obrigando a população rural a recorrer a outras alternativas como poços ou carros-pipas. A utilização de poços na região semiárida se limita a fraturas e fissuras nas rochas, e a zonas de aluviões dos rios (MONTENEGRO; MONTENEGRO, 2004). Os solos rasos, de baixa capacidade de infiltração e armazenamento, com águas que tendem a ser salobras, restringem o aproveitamento das águas subterrâneas.

O aproveitamento de água de chuva é uma prática antiga e tem sido aceito como uma alternativa ao abastecimento humano e adaptação às regiões onde os recursos hídricos são escassos. A técnica se baseia na captação de água de chuva, seu transporte e armazenamento, visando o uso da água o mais próximo possível de onde ela precipita (NÓBREGA et al., 2013). Esses sistemas podem ser agrupados em três tipos principais: conservação *in situ* (conservação da água e do solo), concentração do escoamento no campo para aproveitamento agrícola e coleta e armazenamento da água de escoamento de telhados e outras superfícies (FALKENMARK; ROCKSTROM, 2004). A água coletada por esses sistemas é disponibilizada com qualidade para beber e para outros usos domésticos, agricultura, pecuária e indústrias de pequena escala, além de sua contribuição para a conservação dos recursos hídricos subterrâneos (JHA et al., 2014).

O aproveitamento da água de chuva coletada no telhado das residências e armazenada em cisternas de placas para consumo doméstico teve grande aceitação por parte da população rural do semiárido e vem sendo utilizada com sucesso no Brasil. As principais vantagens da coleta e armazenamento da água nesse tipo de cisterna são a boa qualidade e a proximidade do ponto de consumo. Como pontos negativos aponta-se a existência da possibilidade de contaminação, caso a cisterna não seja manejada corretamente, e, principalmente, a baixa garantia de abastecimento oferecida por esses

sistemas, que falham quando o costumeiro período anual sem chuvas se prolonga por mais meses que o usual.

Embora o uso das cisternas não seja suficiente para atender a todas as necessidades de água de uma residência durante longos períodos de estiagem, seu uso diminuiu a constante dependência do carro-pipa e de outras fontes de abastecimento, além de ser utilizada para armazenar a água adquirida dessas fontes (MENEZES et al., 2013; ALCÂNTARA, 2013; SANTOS, CEBALLOS, DE SOUSA, 2013; DANTAS, GALVÃO, NÓBREGA, 2012; NÓBREGA et al., 2013; TAVARES et al., 2007). A disponibilização de água por meio de cisternas de placas é viável e necessária para as populações rurais difusas e possui custo de implantação e operação acessível, considerando-se os pressupostos de potabilidade e proximidade do usuário (ARAÚJO et al., 2005).

Somam-se às incertezas decorrentes da variabilidade climática do Semiárido brasileiro as ameaças provenientes das mudanças climáticas que poderão tornar mais intensos e severos os eventos de seca, exercendo maior pressão sobre os sistemas hídricos. Este novo contexto requererá ações de adaptação; e o aproveitamento da água de chuva, como uma estratégia de adaptação às mudanças climáticas para regiões semiáridas, é um recurso importante para demandas dispersas (KARPOUZOGLOU, BARRON, 2014; GANDURE, WALKER, BOTHA, 2013; HAN, MUN, 2011; KAHINDA, TAIGBENU, BOROTO, 2010).

6.3 GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS E GESTÃO DO RISCO EM SECAS

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH - BRASIL, 1997) tem papel importante na gestão de secas. A PNRH prevê os conceitos e instrumentos necessários para a correta gestão dos recursos hídricos também em regiões de baixa disponibilidade hídrica, garantindo princípios básicos como o uso múltiplo da água e primando pelo seu uso racional. A gestão do risco, por sua vez, interage com a gestão dos recursos hídricos por meio das medidas que visam à diminuição da vulnerabilidade hídrica.

Entende-se por risco a combinação de fatores naturais (perigo) e sociais (vulnerabilidade) (BLAIKIE et al., 2014; MIRANDA, 2014), que devem ser

considerados na gestão das secas; o perigo é um fenômeno natural (seca) que possui diferentes dimensões espaciais e temporais, e vários graus de intensidade e severidade. Já a vulnerabilidade pode ser entendida como o conjunto de características de um indivíduo, ou grupo de indivíduos (sociedade), que influenciam a capacidade de antecipar, gerir e se recuperar de um impacto causado pelo perigo (WILHITE, 2011). O gerenciamento do risco diz respeito à previsão do perigo e das vulnerabilidades, com foco em atividades que se antecipam aos desastres, baseado na preparação para as secas e redução de risco em longo prazo, diminuindo a vulnerabilidade e aumentando a resiliência da sociedade à seca (KAMPRAGOU et al., 2011).

Pode-se considerar que as medidas de gestão de risco em secas se iniciaram com a construção de reservatórios na região semiárida, ou seja, com as políticas baseadas no paradigma de soluções hidráulicas para lidar com a seca. A construção de grandes açudes, sem dúvida, foi essencial para a ocupação e o desenvolvimento das cidades no Semiárido, garantindo o abastecimento de água (TRAVASSOS et al., 2013; FERREIRA, 2009). No entanto, apenas a construção de reservatórios se mostrou insuficiente para lidar adequadamente com o problema, pois a seca é complexa e envolve aspectos de caráter socioeconômico e não apenas hídricos. A população rural, em sua maioria, continuou não sendo atendida pela rede de distribuição de água. Além disso, a gestão da água armazenada nos reservatórios se mostrou falha, especialmente quando há aparente abundância.

José Nilson Campos (2015) apresenta mais dois paradigmas que guiaram ações, tanto de gestão de risco quanto de gestão de crise em seca e que, também, se relacionam com a gestão dos recursos hídricos. O primeiro, o paradigma do desenvolvimento econômico, emergiu no final da década de 1950, com a tentativa de aliar o conhecimento científico-tecnológico às soluções hidráulicas para seca. As ações aí engendradas foram marcadas pelas atividades desenvolvidas pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (Sudene), dentre as quais a criação de polos de desenvolvimento próximos aos reservatórios. O segundo, o paradigma do desenvolvimento sustentável e manejo integrado dos recursos hídricos, surge na década de 1980, preocupado com questões relacionadas à alocação da água e gestão de prioridades, com estudos voltados para o melhoramento da eficiência dos reservatórios, assim como programas e estudos de desenvolvimento local sustentável.

Foi a partir deste último paradigma que surgiu a Articulação Semiárido Brasileiro (ASA) e o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), com o objetivo de atender as famílias da zona rural do Semiárido. Visando aumentar a segurança hídrica dessas famílias, a ASA propõe uma combinação de métodos de captação e armazenagem de água de chuva: cisternas de placas para fins potáveis e captação de água de chuva para a produção através da cisterna-calçadão, cisterna-enxurrada, barragem subterrânea, barreiro trincheira, barraginha e tanque de pedra (ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 2015).

Além da construção de reservatórios e das experiências com a captação da água de chuva em cisternas, existem outras estratégias de aproveitamento da água para lidar com a variação natural das chuvas, como a utilização da vazante dos pequenos açudes para a irrigação de base familiar, tanques de pedra, perfuração de poços (amazonas ou tubulares) ou poços de injeção para recarga de aquíferos e barragens subterrâneas. Com o propósito de abastecimento humano, pode-se utilizar as águas salobras depois de tratadas por dessalinizações, e ainda reutilizar as águas residuais tratadas para irrigação ou outras finalidades que não exijam potabilidade, sempre respeitando os parâmetros e cuidados necessários para evitar riscos para a saúde pública (MONTENEGRO; MONTENEGRO, 2012 e ROSADO; MORAES, 2010).

Portanto, existem várias alternativas de aproveitamento da água em regiões semiáridas. Sejam quais forem, todas elas precisam ser orientadas pelas boas práticas da gestão dos recursos hídricos para que atendam suas finalidades de maneira eficiente. Além disso, a adoção de alternativas de aproveitamento de água precisa ser combinada com fatores ambientais e socioeconômicos associados às vulnerabilidades locais, as quais não podem ser ignoradas na gestão da seca.

Nesse sentido, algumas políticas públicas voltadas para a diminuição da pobreza extrema no Brasil, que tem como carro-chefe o programa Bolsa Família (BRASIL, 2004), podem auxiliar na diminuição das vulnerabilidades sociais e em relação à seca, uma vez que grande parcela da população atendida pelo programa sofre com os seus impactos negativos. Também contribui, nesse processo, a criação de outros programas, especificamente destinados a auxiliar na gestão da crise em seca as famílias da zona rural que dependem economicamente da agricultura de sequeiro. É o caso dos

programas Bolsa Estiagem, Garantia Safra, Operação carro-pipa e do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf).

Esses programas sociais, aliados à infraestrutura hídrica que hoje existe na região semiárida, e da qual as cisternas fazem parte, têm contribuído para o enfrentamento da seca desde 2012. Isso resultou em menos perturbações sociais do que em secas anteriores, embora os prejuízos na agricultura de sequeiro e na pecuária tenham sido iguais aos do passado, e tenham igualmente demonstrado a incapacidade dos agricultores, diante de secas severas, em se sustentarem por si mesmos (CAMPOS, 2015).

A diminuição das perturbações sociais em face de eventos naturais, cuja severidade foi vivenciada anteriormente, por causa da interferência de políticas públicas voltadas para a redução da pobreza, contribui com o pensamento de que a adaptação da sociedade não envolve apenas medidas ambientais e/ou de desenvolvimento, mas também medidas que objetivem a equidade social (BARNET, 2006).

6.4 CISTERNAS COMO ESTRATÉGIA DE ADAPTAÇÃO E GESTÃO DO RISCO EM SECAS

A construção de cisternas de placas para armazenar água de chuva ganhou destaque no Brasil a partir das ações lideradas pela ASA por meio do programa Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC) cujo objetivo é a garantia de água potável para parte da população que reside no Semiárido, utilizando uma tecnologia social simples, barata e de fácil assimilação (ASSIS, 2012; SANTOS et al., 2009).

Em termos de adaptação às mudanças ou variabilidade climáticas, as pesquisas desenvolvidas em áreas rurais se concentram na diminuição das vulnerabilidades socioeconômicas. Isso porque enquanto as mudanças climáticas são entendidas como um processo global, a adaptação está inserida num contexto local que considera a realidade física, econômica e sociocultural, e baseia-se na aceitação de que existem incertezas futuras, e por isso busca melhorar as capacidades de adaptação (LUDWIG; VAN SLOBBE; COFINO, 2014). Essa premissa também pode ser assumida no caso das cisternas de placas, que auxiliam na diminuição das vulnerabilidades, tanto social quanto em relação à seca, buscando a convivência ou adaptação às condições já

existentes de variabilidade climática, que tendem a ser agravadas com as mudanças climáticas no Semiárido.

A cisterna de placas foi idealizada a partir da troca de experiência com os próprios agricultores e é construída em regime de mutirão junto com as famílias atendidas pelo programa. O Instituto Nacional de Tecnologia Social – Inates (2015) define tecnologia social como “produtos, técnicas ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas em interação com a comunidade e que representem efetivas soluções de transformação social”. Esta definição é claramente aplicável às cisternas de placas, já que é uma técnica replicada em praticamente todo o Semiárido e que produz transformações sociais relevantes nas comunidades, contribuindo eficazmente para solucionar a necessidade básica de acesso à água potável e, assim, concorrendo para a diminuição da vulnerabilidade da população atingida pela seca (SANTOS et al., 2009). Segundo dados da Articulação Semiárido Brasileiro – ASA (2015), até março de 2015 haviam sido construídas 570.398 cisternas.

Dentre as estratégias para aumentar a disponibilidade hídrica em regiões semiáridas, a captação da água de chuva e seu armazenamento em cisternas têm sido apontados como uma das alternativas de mais fácil implantação, embora não deva ser entendida como a solução de todos os problemas. Além disso, para o sucesso da estratégia, é necessária uma estreita colaboração entre o governo, o setor privado (ONGs e cientistas) e as famílias rurais (ROSADO, MORAES, 2010; KAHINDA et al. 2010).

A gestão de secas deve incorporar suas características de desastre e ser executada com base no risco de ocorrência, o que implica antecipar medidas de controle e mitigação dos problemas por ela gerados, focando na preparação e redução de risco de longo prazo. Para que a gestão seja eficaz, é necessário que ações sejam executadas quando há condições de normalidade, dentre elas o desenvolvimento e a capacidade de gestão de infraestruturas de captação, armazenamento e distribuição de água (PEREIRA, 2010 e KAMPRAGOU et al., 2011). As cisternas são dispositivos que integram a infraestrutura hídrica do local onde são instaladas. É uma ação de planejamento que objetiva acumular água no período chuvoso disponibilizando-a no período de seca e assim mitigando os efeitos da seca e da escassez hídrica, tratando-se, portanto de uma ação de gestão do risco em seca.

O aumento da segurança hídrica da população rural, combinados com programas sociais, auxilia na redução da vulnerabilidade à variabilidade climática, permitindo que a adaptação às condições atuais e futuras seja eficaz (BURNEY et al. 2014; INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2014; GIRARD, BOULANGER, HUTTON, 2014). Nesse contexto, Johann Gnadlinger (2014) destaca que os investimentos e esforços nos últimos 20 anos em tecnologias de uso e conservação de água em pequenas escalas, como cisternas e barragens subterrâneas, deram a oportunidade das comunidades do Semiárido brasileiro melhor se prepararem para a seca de 2011 a 2013.

A quantidade de água armazenada nas cisternas (até 16 m³) é calculada para atender uma família de cinco pessoas, para beber e cozinhar, por um período de seis a oito meses, tempo de duração da estiagem em anos em que não há seca. No entanto, a água armazenada não é suficiente para abastecer a residência durante longos períodos de estiagem, que podem ultrapassar mais de doze meses durante secas severas. Por isso, as cisternas esvaziam e, em geral, passam a ser usadas para armazenar água fornecida por carros-pipas.

Já a Operação Carro-Pipa (OCP) é resultado da cooperação técnica e financeira entre os Ministérios da Integração Nacional e da Defesa. Faz parte das políticas de caráter emergencial para o Semiárido e combate à seca, realizando ações complementares de apoio às atividades de distribuição de água potável às populações dos municípios que se encontram em situação de emergência ou estado de calamidade pública (BRASIL, 2015). É uma ação de enfrentamento, uma reação à realidade instalada no momento da situação e, portanto, também uma ação de gestão da crise em seca.

Quando utilizada para armazenar água fornecida pela OCP, as cisternas deixam de ter o caráter primário de gestão de risco e passam a atuar como componente da gestão de crise. Com as cisternas, as famílias possuem um reservatório com capacidade maior de armazenamento de água e podem, conseqüentemente, receber mais água dos carros-pipas.

6.5 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido nas bacias dos rios Piranhas-Açu e Pajeú, ambas localizadas no Semiárido brasileiro. A região é caracterizada pelo déficit hídrico, com clima de temperatura elevada, altas taxas de evaporação (2.000 mm) e alta variabilidade espaço-temporal da precipitação, cujas médias anuais variam de 400 a 800 mm (SOUZA FILHO, 2003).

Os dados utilizados nesse estudo são referentes ao número de registro de cisternas construídas e ao número de carros-pipas em operação por município, obtidos a partir do site Observatório da Seca do Governo Federal[4] (BRASIL, 2015), atualizados em dezembro de 2014.

Também foram utilizadas as informações demográficas referentes ao número de pessoas residentes na zona rural de cada município, de acordo com o último censo demográfico realizado (IBGE, 2015), uma vez que os beneficiários das cisternas precisam residir na zona rural em domicílios sem acesso a água, além de comprovar serem de baixa renda (BRASIL, 2015).

Utilizaram-se as relações entre o número de cisternas construídas por habitante da zona rural e o número de carros-pipas em operação por habitante da zona rural, por considerar que estas são mais representativas do que os números absolutos de cisternas ou carros-pipas. As cisternas foram consideradas como ação de gestão de risco e crise em secas e os carros-pipas em operação como ação de gestão de crise, apenas.

Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu-PB/RN

A Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu, totalmente inserida no Semiárido, é de domínio da União e de importância para o desenvolvimento socioeconômico da Paraíba e do Rio Grande do Norte. Nela está localizado o sistema de reservatórios Coremas-Mãe D'Água, na Paraíba, com capacidade de armazenamento de 1,358 bilhões de m³ e vazão regularizável de 9,5 m³s⁻¹. O reservatório Armando Ribeiro Gonçalves, no Rio Grande do Norte, tem capacidade de armazenamento de 2,400 bilhões de m³ e vazão regularizável de 17,8 m³s⁻¹ (AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA, 2015).

A porção Paraibana da bacia possui 26.183 km² (60% da área total) e aproximadamente 67% dos habitantes. A área no Rio Grande do Norte é de 17.498 km²

(40%) e detém os outros 33% dos habitantes. A principal atividade econômica da região é a agropecuária. Outras atividades econômicas de relevância na bacia são a mineração, na sub-bacia do rio Seridó, e a carcinicultura, na região do Baixo Açu. Devido ao fato de a irrigação ter sido adotada como estratégia de desenvolvimento regional, essa atividade é responsável por 90% dos usos consuntivos de água na bacia. A segunda maior demanda refere-se ao abastecimento urbano, 7%, e os usos animal, industrial e abastecimento rural somam juntos 3% dos usos consuntivos (TERMOS DE REFERÊNCIA, 2010).

Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú-PE

O Estado de Pernambuco caracteriza-se por bacias hidrográficas com relevo sem condições de propiciar reservatórios com grande capacidade de acumulação. Este é um fator que agrava o abastecimento da população na região semiárida do Estado, a exemplo da Bacia do rio Pajeú. Com uma área de 16.686 km², ela possui vazão média de 20,14 m³s⁻¹ e um total de 30 reservatórios com capacidade superior a um milhão de m³ e capacidade total de 595 milhões de m³. A Bacia do Pajeú é a maior do Estado de Pernambuco e a maior do sub-médio São Francisco. Assim como a Bacia do Piranhas-Açu, também está totalmente inserida na região semiárida.

A bacia sofre forte interferência antrópica. Há problemas com conservação da mata ciliar e consequente intensificação do assoreamento. No baixo curso, destaca-se a agricultura irrigada, que resulta em maior nível de degradação nas margens do rio. Verifica-se processo de desertificação na parte sul, decorrente da presença de solo exposto e áreas degradadas. O abastecimento humano responde por uma demanda de 0,637 m³s⁻¹, a irrigação por 3,924 m³s⁻¹ e a demanda animal por uma vazão de 0,255 m³s⁻¹ (PERNAMBUCO, 2013).

6.6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das 32.988 cisternas construídas na Bacia do Piranhas-Açu, 24.403 (73,98%) atendem famílias paraibanas (Figura 6.1). No Rio Grande do Norte são 8.585 (26,02%) cisternas construídas. Os municípios que possuem a maior relação cisterna/mil hab. rural são Igaracy – PB (399 cisternas/mil hab. rural) e Lagoa-PB (279 cisternas/mil hab.

rural). Na bacia do Rio Pajeú são 23.369 cisternas construídas. Os municípios de Betânia – PE e Itacuruba – PE são os que possuem as maiores relações de cisterna/mil hab. rural, 255 e 284, respectivamente.

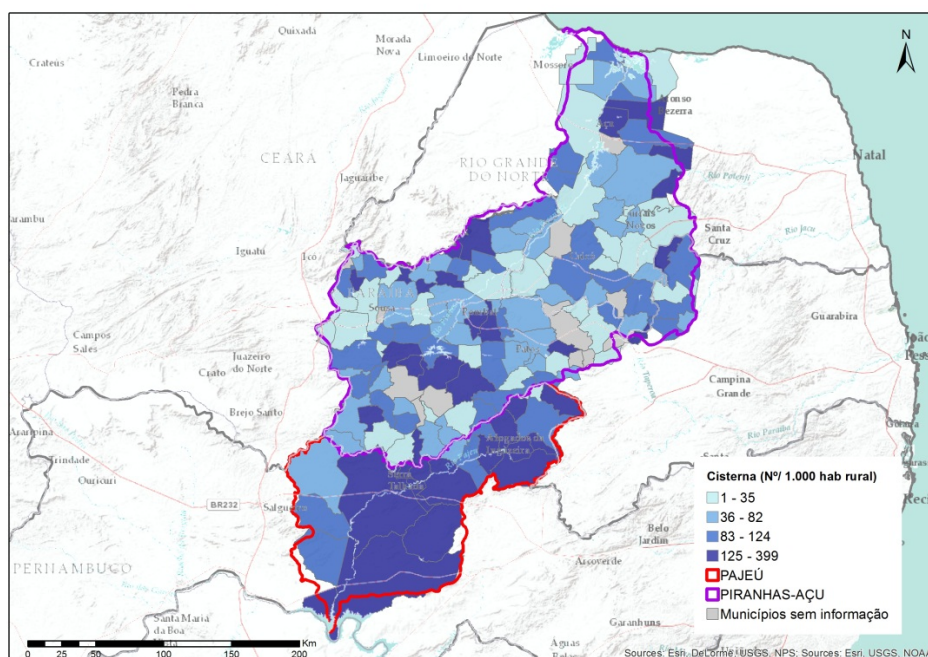


Figura 6.1: Número de cisternas por 1000 hab. da zona rural nas Bacias dos Rios Piranhas-Açu e Pajeú

Fonte: A autora a partir dos dados disponíveis no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (<https://cidades.ibge.gov.br/>), do Observatório da Seca do Governo Federal (<http://www.brasil.gov.br/observatoriodaseca/>), e das shapes disponíveis no <http://www.visualizador.inde.gov.br/>

Há 864 carros-pipas em operação na Bacia do Piranhas-Açu, 78% na Paraíba, onde quatro municípios não são por eles abastecidos, e 22% no Rio Grande do Norte, que por sua vez possui 20 municípios sem abastecimento por carros-pipas. Na Bacia do Pajeú, há 243 carros-pipas em operação e três municípios que não são abastecidos por eles (Figura 6.2). As maiores relações de carros-pipas em operação/1.000 hab rural são encontradas para as cidades de Itacuruba (4,54), Tuparetama (4,45) e Ingazeira (4,41) na Bacia do Pajeú, e Equador – RN (23,72), Carnaúba dos Dantas – RN (17,13) e Cubati – PB (16,22) na Bacia do Piranhas-Açu. O Observatório da Seca (BRASIL, 2015) divulga apenas o número de carros-pipas por município, mas como um carro-pipa pode atender a várias famílias, o total de pessoas beneficiadas pelo programa deve ser superior ao número de carros-pipas.

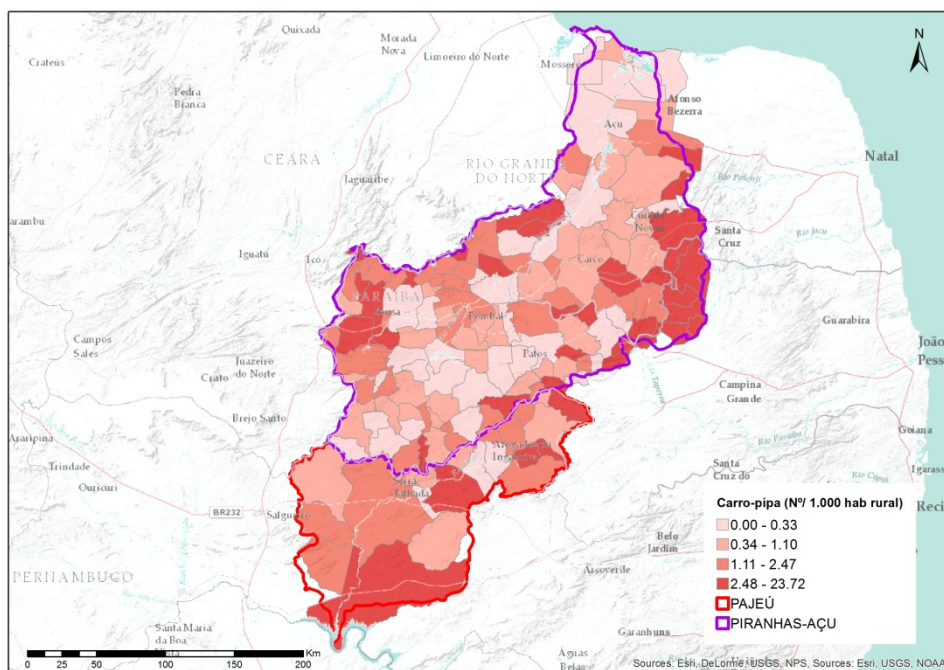


Figura 6.2: Número de carros-pipas em operação por 1000 hab. da zona rural nas Bacias dos Rios Piranhas-Açu e Pajeú

Fonte: A autora a partir dos dados disponíveis no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (<https://cidades.ibge.gov.br/>), do Observatório da Seca do Governo Federal (<http://www.brasil.gov.br/observatoriiodaseca/>), e das shapes disponíveis no <http://www.visualizador.inde.gov.br/>

A Bacia do Pajeú possui 23 municípios e, segundo o Censo 2010, tem uma população residente rural de 166.554 habitantes, enquanto a Bacia do Piranhas-Açu possui 144 municípios e 487.641 habitantes na zona rural (IBGE, 2015). Assim, enquanto a razão cisterna/1.000 hab rural na bacia pernambucana é de cerca de 140, na do Piranhas-Açu é de aproximadamente 68, menos da metade do que é verificado na Bacia do Pajeú, o que pode estar relacionado a maiores vulnerabilidades à seca da Bacia do Piranhas-Açu.

Já em relação ao número de carros-pipas em operação, é a Bacia do Piranhas-Açu que possui maior cobertura para essa ação de enfrentamento da seca: a relação é de 2 e 1,5 carros-pipas/1.000 hab rural para as Bacias do Piranhas-Açu e Pajeú, respectivamente. Isso pode indicar uma maior ênfase na gestão da crise na Bacia do Piranhas-Açu.

A Figura 6.3 mostra a dispersão do número de cisternas/1.000 hab rural por número de carros-pipas/1.000 hab rural. Se as cisternas cumprissem o seu papel na gestão do risco, poderíamos esperar que o aumento do número de cisternas e o

consequente aumento do armazenamento e disponibilidade de água em um município repercutissem na diminuição da necessidade de abastecimento por carro-pipa, mas tal constatação não existe. O que se observa é a ausência de correlação linear. O baixo coeficiente de correlação (0,05) e alto coeficiente de variação tanto das cisternas (72,30%) como dos carros-pipas (156,74%) indicam que não há evidências empíricas de que os municípios que possuem maior número de cisternas construídas precisem de menos de carros-pipas.

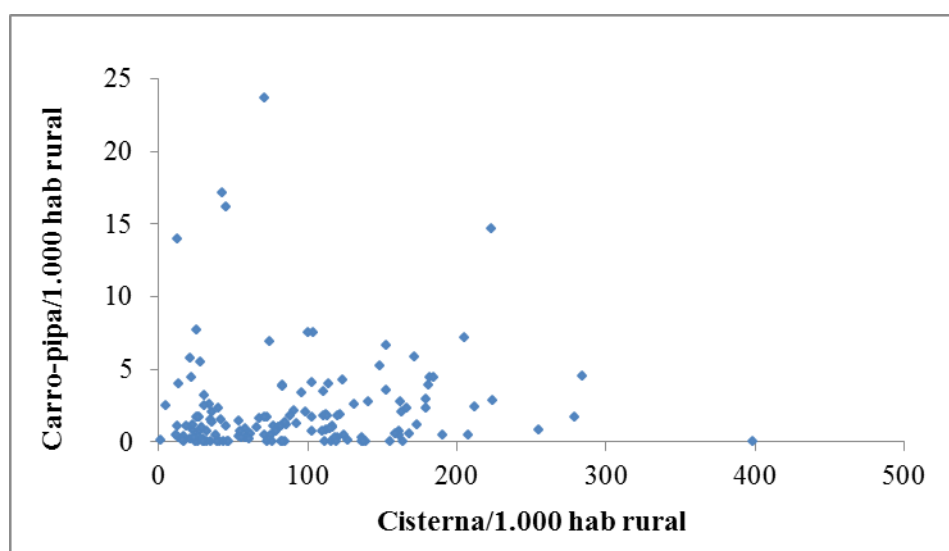


Figura 6.3: Diagrama de dispersão do número de cisternas (eixo horizontal) versus número de carros-pipas (vertical) nos municípios das Bacias do Piranhas-Açu e Pajeú

Fonte: A autora a partir dos dados disponíveis no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (<https://cidades.ibge.gov.br/>), do Observatório da Seca do Governo Federal (<http://www.brasil.gov.br/observatoriiodaseca/>)

Considerando que a Operação carro-pipa é uma ação consolidada e bem difundida em todo o Semiárido, em execução há vários anos, inclusive sendo anterior à disseminação das cisternas por meio do P1MC, é plausível concluir que os municípios que possuem baixo atendimento por carros-pipas apresentam baixa demanda por essa ação. A partir dessa hipótese, foram identificados dois grupos de municípios: os que apresentam alto número de cisternas e baixo número de carros-pipas, denominados como Grupo A – maior dependência da água de chuva armazenada em cisternas para o abastecimento; e os municípios que apresentam alto número de carros-pipas e baixo número de cisternas, denominados de Grupo B – maior dependência de carros-pipas para abastecimento.

A Figura 6.4 traz destacados em azul os municípios que possuem, ao mesmo tempo, mais que 124 cisternas/1.000 hab rural, valor a partir do qual se encontram 25% dos valores mais elevados dessa relação (terceiro quartil), e a relação número de carros-pipas/1.000 hab rural inferior a 0,292, valor abaixo do qual se encontram 25% dos menores valores dessa relação (primeiro quartil), ou seja, em azul aparecem os municípios do Grupo A, cuja ocorrência está presente nos três estados. Em rosa, destacam-se os municípios que possuem número de cisternas/1.000 hab rural menor que 34,6 (primeiro quartil) e número de carros-pipas/1.000 hab rural maior que 2,522 (terceiro quartil), municípios pertencentes ao Grupo B.

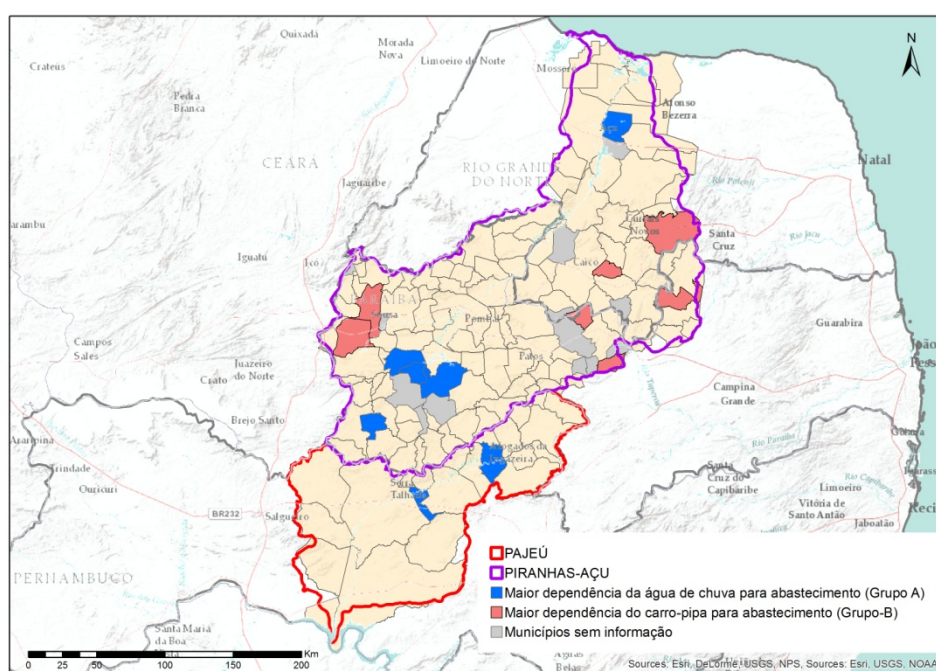


Figura 6.4: Municípios com maior dependência do aproveitamento da água de chuva e maior dependência dos carros-pipas, nas Bacias do Piranhas-Açu e Pajeú

Fonte: A autora a partir dos dados disponíveis no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (<https://cidades.ibge.gov.br/>), do Observatório da Seca do Governo Federal (<http://www.brasil.gov.br/observatoriodaseca/>)

O uso das cisternas nos municípios do Grupo A (Figura 6.4) pode ser enquadrado como uma ação de gestão do risco em seca, pois ao mesmo tempo em que os dados sugerem uma maior dependência do aproveitamento de água de chuva, os resultados também implicam que nesses municípios há menor dependência dos carros-pipas. Sete municípios atendem a essa condição: dois na Bacia do Pajeú (Calumbi e Afogados da Ingazeira) e cinco na Bacia do Piranhas-Açu (Aguiar – PB, Piancó – PB, Igaracy – PB,

Ibiara – PB e Ipanguaçu – RN). O baixo número de municípios pertencentes ao Grupo A pode ser um indicativo de que as cisternas de fato vêm sendo utilizadas, majoritariamente, na gestão da crise e não como estratégia para gestão do risco.

De maneira análoga, os municípios com maior dependência dos carros-pipas podem ser analisados. Nessas situações, a gestão de crise toma lugar como principal ação, pois nos mesmos locais onde há baixa relação cisternas/1.000 hab (Figura 6.1) há também alta relação carros-pipas/1.000 hab (Figura 6.2). Todos os oito municípios que atendem a essa condição estão localizados na Bacia do Piranhas-Açu.

A prevalência do aproveitamento de água de chuva para a gestão de crise pode estar relacionada a dois fatores: (a) a baixa garantia do abastecimento por meio do armazenamento de água de chuva em cisternas, menor que um ano (DANTAS et al., 2012); (b) o insucesso da criação da cultura de uso exclusivo da água de chuva nas cisternas no meio rural (ANDRADE; NUNES, 2014; SANTOS et al., 2013; PONTES, 2012; ASSIS, 2012).

6.7 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constata-se que as cisternas são utilizadas tanto para armazenar água da chuva quanto para armazenar água proveniente dos carros-pipas. Nesse sentido, verifica-se o funcionamento das cisternas como um elemento de gestão do risco, quando capta água da chuva e abastece as famílias durante o período anual de estiagem, e como um elemento de gestão da crise, quando recebe água da OCP. De qualquer forma, sua contribuição para a redução da vulnerabilidade é inquestionável.

Medidas de adaptação às mudanças climáticas focadas em tecnologias adaptadas à realidade local, como acontece no caso das cisternas, podem influenciar positivamente o gerenciamento do risco e da crise em secas no Semiárido brasileiro. No entanto, ainda há dificuldades em mensurar a contribuição das cisternas para a redução da vulnerabilidade da população rural diante de anos de alta variabilidade pluviométrica, como os que ocorrem no Semiárido. Isso será importante para impulsionar sua difusão em, por exemplo, regiões que ainda apresentam baixa relação de cisternas por habitantes, conforme identificado em alguns municípios das bacias do Piranhas-Açu e Pajeú.

A iniciativa de construção de cisternas foi adotada como uma solução de larga escala para adaptação às condições climáticas em uma região onde as mazelas da gestão da crise são naturalmente repassadas de um programa para o outro. Nesse contexto, as cisternas não foram exceção, e também herdaram sua função na gestão da crise. Contudo, através dos resultados apresentados aqui, é possível assumir a existência de municípios onde as cisternas possuem independência das ações de crise, assumindo assim o seu papel genuíno de adaptação e gestão de riscos.

Há necessidade da busca de soluções para os problemas relacionados à captação de água de chuva em cisternas, como adequação da área de captação dos telhados, uso associado com outras fontes de abastecimento, controle da qualidade da água armazenada, além da conscientização do uso racional da água e fortalecimento da cidadania. Sem ações para a resolução desses problemas as cisternas podem estar limitadas ao uso apenas como “caixas d’água” e à dependência perpétua dos carros-pipas, condição que tende a piorar com o aumento da frequência de anos secos.

6.8 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Rede Clima, ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas (INCT-Clima), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep).

6.9 LITERATURA CITADA

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA – AESA. **Relatório Final Consolidado do PERH-PB**. Disponível em: <<http://http://www.aesa.pb.gov.br/perh/perh.html>>. Acesso em: 8 mar. 2015.

ALBUQUERQUE, J. P. T.; RÊGO, J. C. Subsídios para o gerenciamento racional e integrado dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos do Estado da Paraíba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, XIII, 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABRH, 1999, 1 CD.

ALCÂNTARA, H. M. **Estabelecimento de Metodologia para a Conservação e Recuperação de Pequenas Bacias Hidrográficas do Semiárido**. 2013. 141f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, 2013.

AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY – AMS. Meteorological Drought. Adopted by AMS Council on 23 December 2003. **Bulletin of the American Meteorological Society**, n. 85. Disponível em: <<http://www.ametsoc.org/policy/droughstatementfinal0304.html>>. Acesso em: 8 mar. 2015.

DE ANDRADE, J. A.; NUNES, M. A. Acesso à água no Semiárido Brasileiro: uma análise das políticas públicas implementadas na região. **Revista Espinhaço**, v. 3, n. 2, p. 28-39, 2014.

ARAÚJO, J. C. et al. Custo de disponibilização e distribuição da água por diversas fontes no Ceará. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 36, n. 2, p. 281-307, 2005.

ARTICULAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO – ASA. Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br/portal/Default.asp>>. Acesso em: 8 mar. 2015.

ASSIS, T. R. de P. Sociedade civil e a construção de políticas públicas na região semiárida brasileira: o caso do Programa Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC). **Revista de Políticas Públicas**, v. 16, n. 1, p. 179-189, jan./jun. 2012.

BANERJEE, R. R. Farmers' perception of climate change, impact and adaptation strategies: a case study of four villages in the semi-arid regions of India. **Natural Hazards**, v. 75, n. 3, p. 2829-2845, 2015.

BARNET, J. Climate change, insecurity and injustice. In: ADGER, W; PAAVOLA, J; HUQ, S; MACE, M. (eds.). **Fairnes's in adaptation to climate change**. Cambridge: MIT Press: 2006, p. 115–130.

BLAIKIE, P. et al. **At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters**. 2. ed. London: Routledge, 2014.

BRASIL. **Lei n. 10.836**, de 9 de janeiro de 2004. Cria o Programa Bolsa Família e dá outras providências. Disponível: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/110.836.htm>. Acesso em: 8 de março de 2015.

_____. **Lei nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm>. Acesso em: 8 mar. 2015.

_____. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Anuário brasileiro de desastres naturais 2013** / Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. Brasília: CENAD, 2014. Disponível em: <http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=f22cccd-281a-4b72-84b3-654002cfff1e6&groupId=185960>. Acesso em: 2 jun. 2017.

_____. **Observatório da Seca:** Ações emergenciais. 2015. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/observatoriodaseca/>>. Acesso em: 8 mar de 2015.

BURNEY, J. et al. Climate change adaptation strategies for smallholder farmers in the Brazilian Sertão. **Climatic Change**, v. 126, n. 1-2, p. 45-59, 2014.

CAMPOS, J. N. B. Paradigms and public policies on drought in Northeast Brazil: a historical perspective. **Environmental management**, p. 1-12, jan. 2015.

DANTAS, M. S.; GALVÃO, C. O.; NÓBREGA, R. L. B. Vulnerabilidade de cisternas rurais sob clima atual e futuro: análise de três casos na Paraíba. In: SIMPÓSIO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, VIII. 2012, Campina Grande, Paraíba. **Anais...** Petrolina: ABCMAC, 2012.

DING, Y; HAYES, M. J.; WIDHALM, M. Measuring economic impacts of drought: a review and discussion. **Disaster Prevention and Management**, v. 20, n. 4, p. 434-446, 2011.

FALKENMARK, M.; ROCKSTROM, J. **Balancing water for humans and nature:** the new approach in ecohydrology. London, UK: Earthscan, 2004.

FERREIRA, A. L.; DANTAS, G. A. F.; FARIAS, H. T. M. Por uma história técnica das secas. **Conviver**, v. 6, p. 249-271, 2009.

FONTAINE, M. M.; STEINEMANN, A. C.; HAYES, M. J. State drought programs and plans: survey of the western United States. **Natural Hazards Review**, v. 15, n. 1, p. 95-99, 2012.

GANDURE, S.; WALKER, S.; BOTHA, J. J. Farmers' perceptions of adaptation to climate change and water stress in a South African rural community. **Environmental Development**, v. 5, p. 39-53, 2013.

GIRARD, P.; BOULANGER, J. P.; HUTTON, C. Challenges of climate change in tropical basins: vulnerability of eco-agrosystems and human populations. **Climatic Change**, v. 127, n. 1, p. 1-13, 2014.

GNADLINGER, J. How can rainwater harvesting contribute to living with droughts and climate change in semi-arid Brazil? **Waterlines**, v. 33, n. 2, p. 146-153, 2014.

HAN, M. Y.; MUN, J. S. Operational data of the Star City rainwater harvesting system and its role as a climate change adaptation and a social influence. **Water Science & Technology**, v. 63, n. 12, p. 2796-2801, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo 2010**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>>. Acesso em: 8 mar. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA SOCIAL – INATES. Disponível em: <<http://www.inates.org.br/>>. Acesso em: 8 mar. 2015.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summaries, Frequently Asked Questions, and Cross-Chapter Boxes.** A Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Ed. C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization, 2014. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/docs/WGIIAR5-IntegrationBrochure_FINAL.pdf>. Acesso em: 8 mar. 2015.

JHA, M. K. et al. Rainwater harvesting planning using geospatial techniques and multicriteria decision analysis. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 83, p. 96-111, 2014.

KAHINDA, J. M.; TAIGBENU, A. E.; BOROTO, R. J. Domestic rainwater harvesting as an adaptation measure to climate change in South Africa. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 35, n. 13, p. 742-751, 2010.

KAMPRAGOU, E. et al. Towards the harmonization of water-related policies for managing drought risks across the EU. **Environmental Science & Policy**, v. 14, n. 7, p. 815-824, 2011.

KARPOUZOGLOU, T.; BARRON, J. A global and regional perspective of rainwater harvesting in sub-Saharan Africa's rainfed farming systems. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 72, p. 43-53, 2014.

LINDOSO, D. P. et al. Integrated assessment of smallholder farming's vulnerability to drought in the Brazilian Semi-arid: a case study in Ceará. **Climatic Change**, v. 127, n. 1, p. 93-105, 2014.

LUDWIG, F.; VAN SLOBBE, E.; COFINO, W. Climate change adaptation and Integrated Water Resource Management in the water sector. **Journal of Hydrology**, v. 518, p. 235-242, 2014.

MENEZES, G. F. F. et al. Indicadores de qualidade, manejo e uso da água pluvial armazenada em cisternas do semiárido baiano. **Agrarian**, v. 6, n. 22, p. 460-472, 2013.

MIRANDA, K. R. B. **Influência do uso e ocupação de solo na qualidade de água de um reservatório mesotrófico na região semiárida tropical.** 1014. 40f. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental; Meio Ambiente; Recursos Hídricos e Hidráulica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

MONTENEGRO, S. M. G. L.; MONTENEGRO, A. A. A. Aproveitamento sustentável de aquíferos aluviais no semi-árido. In: CABRAL, J. J. da S. P.; FERREIRA, J. P. L.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; COSTA, W. D.. (Org.). **Água subterrânea: aquíferos**

costeiros e aluviões, vulnerabilidade e aproveitamento. Recife: Editora Universitária UFPE, 2004, v. 1. p. 44-102.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. In: GHEYI, H. R.; VITAL, P. S. P.; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O. (Org.). **Recursos Hídricos em Regiões Áridas e Semiáridas: Estudos e Aplicações.** Campina Grande; Cruz das Almas: Instituto Nacional do Semiárido; UFRB, 2012. p. 1-27.

NÓBREGA, R. L. B. et al. Aspectos Político-Institucionais do Aproveitamento de Água de Chuva em Áreas Rurais do Semiárido Brasileiro. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, p. 1-10, 2012.

NÓBREGA, R. L. B. et al. Água de chuva para uso doméstico. In: GALVÃO, C. O.; CIRILO, J. A.; CABRAL, J. J. S. P.; MEDEIROS, M. G. A. (Org.). **Recursos hídricos para a convivência com o Seminário:** abordagens sobre o semiárido por pesquisadores no Brasil, Portugal, Cabo Verde, Estados Unidos e Argentina. Porto Alegre: ABRH; Recife: Editora Universitária UFPE, 2013. p. 377-394.

PERNAMBUCO. **Relatório de situação de recursos hídricos do Estado de Pernambuco, 2011-2012.** Recife: Agência Pernambucana de Água e Clima, 2013.

PONTES, E. T. A Estreita Relação entre Mulher e Água no Semiárido: o Caso do Programa um Milhão de Cisternas Rurais. **Revista Latino-Americana de Geografia e Gênero**, v. 4, n. 1, p. 14-21, 2012.

ROSADO, J.; MORAIS, M. M. Estratégias de gestão da água em situação de escassez: regiões semiáridas e mediterrâneas. **Sustentabilidade em Debate**, v. 1, n. 2, p. 29, 2010.

SANTOS, M. J. et al. Programa um Milhão de Cisternas Rurais: Matriz Conceitual e Tecnológicas. **UNOPAR Científica Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 8, n. 1, p. 35-43, 2009.

SANTOS, A. C.; CEBALLOS, B. S. O.; DE SOUSA, C. M. Políticas Públicas de Água e Participação no Semiárido: Limites e Tensões no P1MC. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 1, n. 1, p. 145-161, 2013.

SOUZA FILHO, F. de A.; TUCCI, C. E. M.; BRAGA, B. Variabilidade e mudança climática nos semi-áridos brasileiros. **Clima e Recursos Hídricos no Brasil.** Porto Alegre: ABRH, 2003. p. 77-111. (Coleção ABRH, v. 9).

STUCKER, D.; LOPEZ-GUNN, E. Introduction. In: STUCKER, D.; LOPEZ-GUNN, E. (Org.). **Adaptation to climate change through water resources management: capacity, equity and sustainability.** New York: Routledge, 2015.

TAVARES, A. C. et al. **Captação e manejo de água de chuva em cisternas:** uma forma de mitigar os efeitos das secas prolongadas no Nordeste semi-árido. Estudo de

caso: Assentamento Paus Brancos, Paraíba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, VI. 2007, Belo Horizonte. **Anais...**, Belo Horizonte, 2007

TERMOS de referência para a elaboração do plano de recursos hídricos da bacia do Rio Piranhas-Açu. 2010. Disponível em < <http://piranhasacu.ana.gov.br/termo/TDR.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2015.

TRAVASSOS, I. S.; DE SOUZA, B. I.; DA SILVA, A. B. Secas, desertificação e políticas públicas no semiárido nordestino brasileiro. **OKARA: Geografia em debate**, v. 7, n. 1, p. 147-164, 2013.

WILHITE, D. A. Breaking the hydro-illogical cycle: progress or status quo for drought management in the United States. **European Water**, v. 34, p. 5-18, 2011.

CAPÍTULO VII

O IMPACTO DE AÇÕES DO PAC E DO PROGRAMA ÁGUA PARA TODOS NA REDUÇÃO DA VULNERABILIDADE ÀS SECAS NO CARIRI PARAIBANO

RESUMO: A ocorrência de secas em regiões semiáridas é bastante recorrente, o que conduz a diversos impactos socioeconômicos sobre os atingidos. Algumas das obras estruturantes desenvolvidas no Semiárido brasileiro, no âmbito do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e pelo Programa Água para Todos, podem ser entendidas como ações de gestão do risco que podem auxiliar na diminuição da vulnerabilidade e consequente diminuição desses impactos da seca na região. A proposta deste artigo é identificar a relação existente entre as ações estruturantes do PAC e do programa Água para Todos que auxiliam na redução da vulnerabilidade à seca nos municípios da sub-bacia do Taperoá e Alto Curso do Rio Paraíba. Como resultados podemos citar que mais da metade da região de estudo apresentaram valores de vulnerabilidade intermediários e os menores valores foram observados na região do Alto Curso do Rio Paraíba. Também se pode inferir que as ações de infraestrutura do PAC e do Programa Água para Todos contribuíram para o aumento da oferta hídrica na região, que se refletiu nas baixas vulnerabilidades a seca dos municípios mais atendidos pelo programa.

PALAVRAS-CHAVE: recursos hídricos, seca, políticas públicas

THE IMPACT OF PAC STRUCTURING ACTIONS AND THE WATER PROGRAM FOR EVERYTHING TO DECREASE VULNERABILITY IN THE CARIRI PARAIBANO

ABSTRACT: The occurrence of droughts in semi-arid regions is fairly frequent which leads to various socio-economic impacts on those affected. Some of the structural works developed in the Brazilian semiarid region under the Brazilian programs of Growth Acceleration (PAC) and the Water for All, can be understood as risk management

actions that help in reducing vulnerability and consequent decrease dry these impacts in the region. The purpose of this article is to identify the relationship between the structural actions of the Brazilian programs PAC and the Water for All that contribute in reducing vulnerability to drought in the cities of the Taperoa's sub-basin and upper course of Paraíba's River. As a result it is possible to mention that more than half the cities in the area studied showed intermediate vulnerability values and the lowest values were observed in the upper course of Paraíba's River region. It can also be inferred that the infrastructure actions of the PAC and the Water for All programs contributed to the increase of water supply in the region which was reflected in the low vulnerability to drought in cities that were best served by the program.

KEYWORDS: water resources, drought, public policy

7.1 INTRODUÇÃO

As secas são desastres naturais frequentes responsáveis por 22% de todos os impactos em desastres no mundo. Estes impactos são especialmente relevantes quando atingem populações do semiárido de menor poder aquisitivo, as quais dependem diretamente dos recursos naturais, principalmente da disponibilidade hídrica para a manutenção dos meios de subsistência e potencial de produção, o que as torna extremamente susceptíveis aos impactos negativos das secas (WILHITE et. al., 2007; VENTURA et al., 2013; ANDRADE; NUNES, 2014).

No Brasil, a aplicação de políticas públicas na gestão das secas teve início logo após a seca de 1877, permanecendo até os dias atuais. As soluções adotadas pelos órgãos governamentais formam uma combinação entre ações de gestão de risco e de gestão de crise. As ações de gestão de crise são focadas em dar respostas imediatas às necessidades e aos impactos das secas na medida em que os mesmos surgem, enquanto que as ações de gestão de risco atuam de forma contínua antes e durante os períodos de estiagem com o objetivo de minimizar o impacto de eventos futuros (WILHITE et al., 2007).

Diversos autores (WILHITE et. al., 2014; GUTIÉRREZ et al., 2014; BELAL et al., 2014; MISHRA; SINGH, 2010) defendem que uma gestão eficiente da seca deve ser

baseada na adoção de medidas de gestão do risco, ou seja, medidas contínuas e proativas tomadas antes e durante a ocorrência dos eventos de seca, visando a preparação e mitigação de seus efeitos negativos, que poderão ajudar na redução das perdas econômicas provocadas em função das secas assim como nos custos associados as ações reativas e de recuperação dos sistemas.

No entanto, o mais comum é a gestão da seca ser feita com base na instalação da crise, de maneira reativa com ênfase em medidas de resposta de emergência. Algumas dessas medidas deram início ao processo de dependência de ações emergenciais por parte da população como, por exemplo, o abastecimento por meio de carros-pipa (ANDRADE E NUNES, 2014). Esse tipo de gestão diminui a autossuficiência e aumenta a dependência governamental dos que recebem as ações, pois apesar de minimizarem os impactos das secas a curto prazo, não promovem a adaptação da população e contribuem para o aumento da vulnerabilidade social (ANDRADE e NUNES, 2014; GUTIERREZ et. al., 2014).

A gestão do risco, representada inicialmente pela construção dos açudes pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), não veio associada à gestão dos recursos hídricos, que deveria ocorrer tanto no período de estiagem quanto no período chuvoso, o que contribuiu para a diminuição da eficácia desses sistemas na redução da vulnerabilidade às secas. Talvez por este motivo, os episódios recentes de estiagem, a exemplo da seca de 2012, ainda apresentam consequências comparáveis às secas do início do século XX, entretanto com significativa redução nos índices de mortalidade (ANDRADE e NUNES, 2014).

Estas obras de infraestrutura são de grande importância na gestão dos desastres em geral, uma vez que podem reduzir os seus impactos, como índices de mortalidade e desigualdade de renda quando funcionando antes e depois dos episódios de desastres (THE WORLD BANK AND THE UNITED NATIONS, 2011).

Algumas das obras de infraestrutura desenvolvidas na região semiárida, no âmbito do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e do Programa Água para Todos, podem ser entendidas como ações de gestão do risco. O Programa de Aceleração do Crescimento, criado em 2007, tem por objetivo promover o desenvolvimento do país de forma acelerada e sustentável a partir da retomada do planejamento e execução de grandes obras de infraestrutura social, urbana, logística e energética.

Já o programa Água para Todos, instituído em julho de 2011 como parte integrante do Plano Brasil Sem Miséria, é um conjunto de ações do Governo Federal que têm por objetivo garantir o acesso e uso de água para populações carentes, geralmente localizadas em comunidades rurais, que não possuem esse serviço quer seja pela ineficiência do abastecimento ou populações que dispõem apenas de abastecimento difuso (BRASIL, 2016b).

A hipótese investigada neste artigo é se as obras de infraestrutura do PAC e do programa Água para Todos contribuíram para a diminuição da vulnerabilidade à seca no Cariri Paraibano (municípios das sub-bacias do rio Taperoá e do Alto Curso do Rio Paraíba), através de sua relação com indicadores socioeconômicos na região.

7.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A região de estudo está situada na bacia do Rio Paraíba, e abrange a sub-bacia do rio Taperoá e a regiões do Alto curso do rio Paraíba compreendendo trinta e quatro municípios (Figura 7.1). Os municípios da região de estudo possuem 6,5% da população total do estado da Paraíba. O clima é considerado Semiárido quente, com estação seca de 8 a 10 meses e precipitação pluvial média anual variando entre 400 e 600 mm (MARINHO, 2011).

A taxa de analfabetismo média dentre os adultos acima de 25 anos atinge 30,43%, um pouco acima da taxa estadual (27,42%). O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) médio é de 0,597 sendo este inferior ao do estado que chega a 0,658. Na região, a desigualdade de renda média, representada pelo coeficiente GINI é de 0,48. A principal atividade econômica é a pecuária de médio porte com a criação de bovinos, caprinos e ovinos. Cerca de 60% das residências situadas nesta área têm acesso à rede de abastecimento de água e sua grande maioria possui energia elétrica (99,25%) (IBGE, 2010). A tabela 7.1 contém alguns dados socioeconômicos dos municípios da área de estudo, retirados do censo realizado pelo IBGE em 2010 (IBGE, 2010).

Tabela 7.1. Dados socioeconômicos dos municípios da área de estudo

Município	Habitantes (Total)	Habitantes (Rural)	IDHM	Índice de Renda GINI	média % per-capita	Analfabetismo (+25anos)	PIB
Amparo	2090	1026	0,606	0,5	225,5	28	10654
Assunção	3520	676	0,609	0,54	336,67	34,44	18901
Barra de S. Miguel	5610	3247	0,572	0,45	302,44	29,31	26520
Boa Vista	6230	3019	0,649	0,42	314,11	20,83	102841
Boqueirão	16890	4882	0,607	0,46	319,11	30,9	99307
Cabaceiras	5040	2818	0,611	0,46	283,93	22,71	28972
Cacimbas	6810	5173	0,523	0,53	181,17	50,17	27911
Camalú	5750	2862	0,567	0,46	242,92	37,34	28814
Caraúbas	3900	2382	0,585	0,45	296,38	23,38	19549
Congo	4690	1745	0,581	0,49	263,84	35,1	27987
Coxixola	1770	989	0,641	0,48	306,15	26,4	11059
Desterro	7990	3102	0,58	0,54	247,16	32,96	35740
Gurjão	3160	1031	0,625	0,45	288,53	26,57	17831
Juazeirinho	16780	7652	0,567	0,51	255,68	33,73	83405
Junco do Seridó	6640	2274	0,617	0,47	280,15	27,38	33892
Livramento	7160	3412	0,566	0,5	207,73	29,5	29502
Monteiro	30850	10591	0,628	0,57	392,05	33,95	185613
Olivedos	3630	1725	0,603	0,49	217,32	24,41	17435
Ouro Velho	2930	881	0,614	0,47	305,23	28,46	16624
Parari	1260	557	0,584	0,49	300,27	25,1	9541
Pocinhos	17030	7414	0,591	0,46	253,75	32,26	115044
Prata	3850	1410	0,608	0,44	271,47	29,42	24474
Santo André	2640	1773	0,589	0,47	341,56	29,62	14189
S. Domingos do Cariri	2420	1386	0,622	0,53	373,55	23,02	11929
S. João do Cariri	4340	1997	0,552	0,51	207,42	43,76	25477
S. João do Tigre	4400	2867	0,556	0,49	233,71	27,49	19060
S. José dos Cordeiros	3990	2342	0,581	0,46	263,04	31,6	16554
S. Sebastião do Umbuzeiro	3240	1138	0,6	0,47	273,72	33,87	15671
Serra Branca	12970	4555	0,628	0,48	330,05	24,25	69760
Soledade	13740	3508	0,616	0,51	330,05	25,29	90229
Sumé	16060	3824	0,627	0,5	339,68	31,24	84253
Taperoá	14940	5997	0,578	0,48	267,88	35,69	68143
Tenório	2810	1140	0,581	0,43	269,63	37,73	15724
Zabelê	2080	603	0,623	0,43	272,94	28,86	10137

*Fonte: A autora a partir dos dados disponíveis no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE
(<https://cidades.ibge.gov.br/>)*

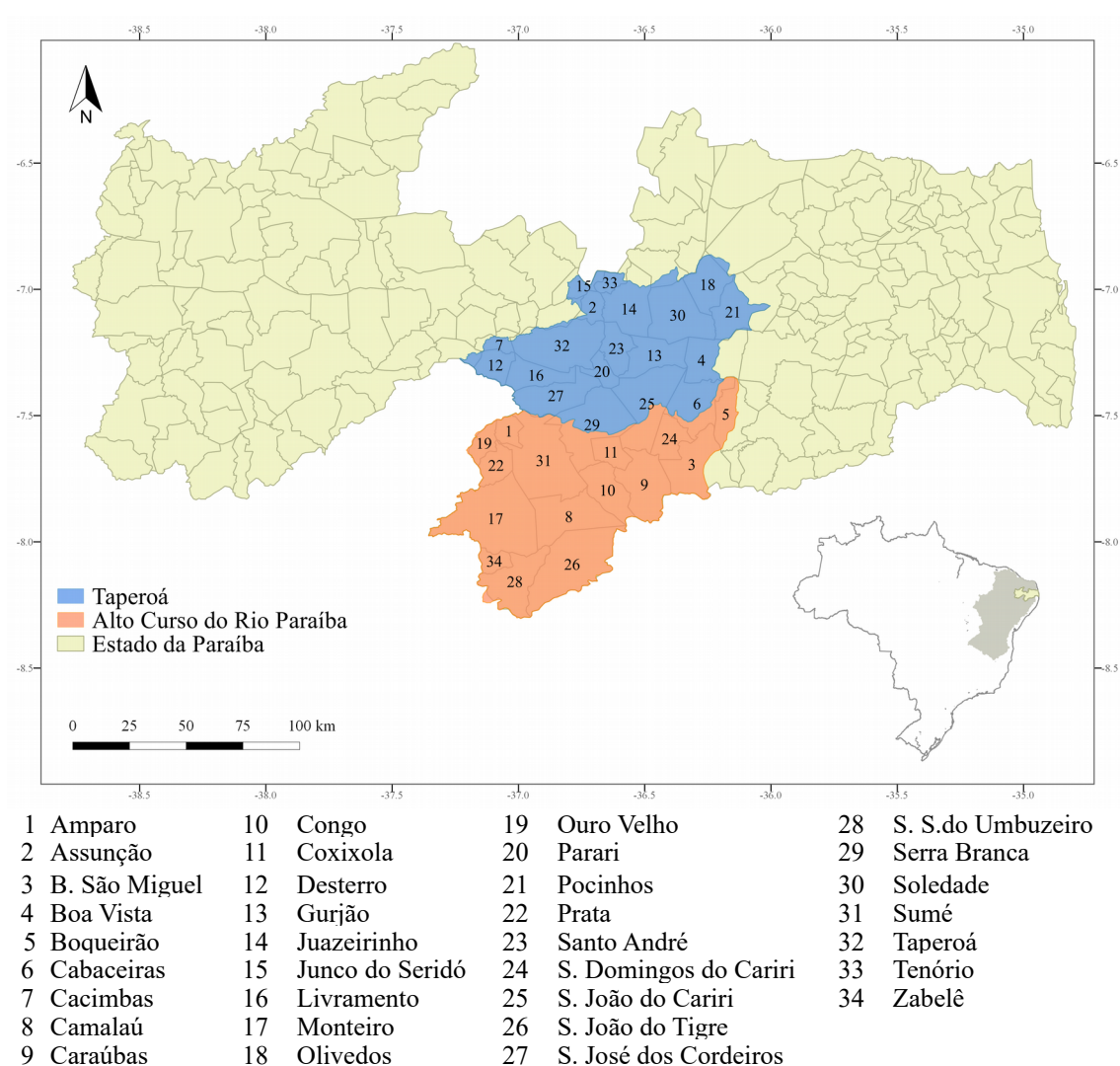


Figura 7.1: Estado da Paraíba com destaque para a bacia do Taperoá e Alto curso do Rio Paraíba

Fonte: A autora a partir das shapes disponíveis no <http://www.visualizador.inde.gov.br/> e <http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/index.php>

Levantamento de dados

Para a identificação das ações desenvolvidas pelos programas PAC e Água para Todos foi realizada uma pesquisa bibliográfica documental com ênfase nas ações diretamente voltadas à mitigação de impactos da seca. A pesquisa se deu principalmente em sites dos programas disponibilizados pelo Governo Federal e a partir de solicitações on-line no Sistema Eletrônico do Serviço de Informação ao Cidadão (e-SIC) e no Serviço de Informação ao Cidadão da Paraíba (SIC-PB). Durante a pesquisa

documental, foi dada preferência a dados quantitativos que revelassem a atuação dos programas nos municípios.

Os dados obtidos relacionados às ações do PAC por municípios são referentes ao somatório das ações no período de janeiro de 2011 a fevereiro de 2016, disponíveis online em site próprio. Em relação aos dados do Programa Água para Todos, foram obtidos através do SIC-PB, atualizados pela última vez em maio de 2016. A exceção são os dados quantitativos de poços, que foram obtidos na plataforma oficial do Serviço Geológico do Brasil, com data de visita em agosto de 2016.

Análise da vulnerabilidade

Os mapas de vulnerabilidade foram elaborados a partir dos dados socioeconômicos disponíveis para cada município. Devido à diferença entre as unidades de medida houve a necessidade de padronizar os dados transformando-os em índices que variam de 0 a 1. Para a aplicação da metodologia primeiramente foi definida uma relação positiva ou negativa das variáveis com a vulnerabilidade à seca. Dependendo do tipo de relação, o cálculo se deu a partir das seguintes relações:

$$\text{Para Relação Positiva:} \quad I = (x - m)/(M - m)$$

$$\text{Para Relação Negativa:} \quad I = (M - x)/(M - m)$$

Onde, I corresponde ao índice calculado para cada município; x é o valor de cada variável em cada município; m é o valor mínimo dentre os municípios estudados; e M é o valor máximo nas cidades analisadas.

Os indicadores foram agrupados em quatro dimensões: Ambiental, Econômica, Infraestrutura e Sociocultural (Tabela 7.1).

Tabela 7.2. Indicadores Socioeconômicos Agrupados por Dimensão

DIMENSÕES	INDICADORES	RELAÇÃO
Social-Cultural	População total	+
	(Quadra Esportiva em Escola + Creches e Pré-escolas + UBS)/1000 Hab. Total	-
	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)	-

	Taxa de analfabetismo acima de 25 anos	+
	Índice de Gini (desigualdade de renda)	+
	Renda per capita média	-
	Nº Total de Trabalhadores (+10 anos)	-
	Total de Benefícios do Bolsa Família (2008 - 2012)/1000 Hab. Total	-
Econômico	Nº médio de bovinos 2004-2013/1000 Hab. Rural	+
	Produção média de leite 2004 – 2013/1000 Hab. Rural	+
	Nº médio de caprinos 2004 – 2013/1000 Hab. Rural	+
	Nº médio de ovinos 2004 – 2013/1000 Hab. Rural	+
	Nº médio de suínos 2004 – 2013/1000 Hab. Rural	+
	Nº de Bolsas Estiagem Concedidas/1000 hab. Rural	-
	Nº de Benefícios Garantia Safra Concedidos/1000 Hab. Rural	-
Ambiental	Área Total de Estabelecimentos com Pastagens Naturais em 2006/Área do Município	-
	Área Total de Estabelecimentos com Terras Inapropriadas para Agricultura e Pecuária em 2006/Área do Município	+
	Área total de Lavouras em Hectares em 2013/Área do Município	+
	% da população que vive em domicílios com água encanada	-
Infraestrutura		
	Nº de Cisternas Construídas	-
	Obras em Recursos Hídricos/1000 Hab. Total	-
	Obras de Saneamento/1000 Hab. Total	-
	Nº de Carros-Pipa em Operação/1000 Hab. Rural	-
	Nº Total de Poços/1000 Hab. Rural	-

Fonte: A autora

Para cada dimensão foi estipulado um peso para mensurar sua importância relativa no índice de vulnerabilidade (Tabela 7.2). Este processo foi adaptado a partir da metodologia proposta por Me-Bar e Valdez (2005) e também utilizada por Zarafshani et al. (2012), ambas no contexto de avaliação da vulnerabilidade de comunidades em situação de seca e considerada adequada para esse estudo. Os principais passos para aplicação dessa metodologia são:

- i. Escolha da Bacia do Alto Paraíba e sub-bacia do Taperoá como locais para aplicação da metodologia.
- ii. Definição das dimensões e indicadores conforme mostrados no Tabela 7.1
- iii. Valoração do peso dos indicadores (Wind) dentro de cada dimensão, numa escala de 1 – 10. O valor do peso de cada indicador foi atribuído arbitrariamente,

pela autora, considerando o que julga mais ou menos relevante na avaliação da vulnerabilidade. Os valores foram atribuídos de maneira que o peso máximo do sub parâmetro ($W_{máxsp}$) fosse igual a 10 e que o somatório dos pesos dos sub parâmetros, dentro de cada dimensão, fosse igual ao peso da dimensão (W_d) a que ele pertence, ou seja: $\sum W_{ind} = W_d$

iv. O peso da dimensão (W_d) foi calculada em função do número de indicadores dentro de cada dimensão através da seguinte condição: $W_d = W_{máxsp} \times np \times 0,5$

v. A vulnerabilidade de cada dimensão (V_i) foi calculado utilizando a expressão: $V_i = \frac{1}{W_d} \times \sum (W_{sp} \times sp)$

vi. A vulnerabilidade total para cada município foi calculada utilizando a expressão: $V_T = \frac{\sum (V_i) \times W_d}{\sum W_d}$

Tabela 7.3. Peso dos indicadores e peso das dimensões

DIMENSÕES	INDICADORES	Wind	Wd
Social-Cultural	População total	7	20
	(Quadra Esportiva em Escola + Creches e Pré-escolas + UBS)/1000 Hab. Total	4	
	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)	5	
	Taxa de analfabetismo acima de 25 anos	4	
Econômico	Índice de Gini (desigualdade de renda)	3	55
	Renda per capita média	5	
	Nº Total de Trabalhadores (+10 anos)	3	
	Total de Benefícios do Bolsa Família (2008 - 2012)/1000 Hab. Total	7	
	Nº médio de bovinos 2004-2013/1000 Hab. Rural	6	
	Produção média de leite 2004 – 2013/1000 Hab. Rural	6	
	Nº médio de caprinos 2004 – 2013/1000 Hab. Rural	5	
	Nº médio de ovinos 2004 – 2013/1000 Hab. Rural	5	
	Nº médio de suínos 2004 – 2013/1000 Hab.	4	

	Rural		
	Nº de Bolsas Estiagem Concedidas/1000 hab. Rural	6	
	Nº de Benefícios Garantia Safra Concedidos/1000 Hab. Rural	5	
Ambiental	Área Total de Estabelecimentos com Pastagens Naturais em 2006/Área do Município	7	
	Área Total de Estabelecimentos com Terras Inapropriadas para Agricultura e Pecuária em 2006/Área do Município	3	15
	Área total de Lavouras em Hectares em 2013/Área do Município	5	
Infraestrutura	% da população que vive em domicílios com água encanada	2	
	Nº de Cisternas Construídas	7	
	Obras em Recursos Hídricos/1000 Hab. Total	7	
	Obras de Saneamento/1000 Hab. Total	3	30
	Nº de Carros-Pipa em Operação/1000 Hab. Rural	6	
	Nº Total de Poços/1000 Hab. Rural	5	

Fonte: A autora

7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Identificação das ações do PAC e Água para Todos

Segundo o Ministério do Planejamento, o Programa de Aceleração do Crescimento possui 1257 empreendimentos no estado da Paraíba, distribuídos entre as áreas de atuação de Infraestrutura Energética, Infraestrutura Social e Urbana e de Infraestrutura Logística (BRASIL, 2016c).

Na região de estudo há 214 desses empreendimentos. Na área de Infraestrutura Elétrica, existem ações de Transmissão de Energia. E na área de Infraestrutura Social e Urbana ações nas categorias de: Quadra Esportiva em Escolas, Creches e Pré-Escolas, Unidade Básica de Saúde (UBS), Recursos Hídricos, Saneamento, Urbanização de Assentamentos Precários e Cidades Digitais.

O município de Monteiro foi o que mais recebeu ações do PAC, 23 ao todo, aproximadamente metade delas relacionada à construção ou ampliação de UBS. Por outro lado, não foram encontrados registros de atuação do PAC para o município da Prata em qualquer categoria. No entanto, em se considerando as ações do PAC em

relação ao número de habitantes, Parari e Santo André foram os que receberam mais ações com 3,97 e 3,41 ações para cada grupo de 1000 habitantes. E Monteiro, que é o município mais populoso da área de estudo, aparece com apenas 0,75 ações/1.000hab, uma das menores relações se comparado com os demais municípios da área de estudo (Figura 7.2).

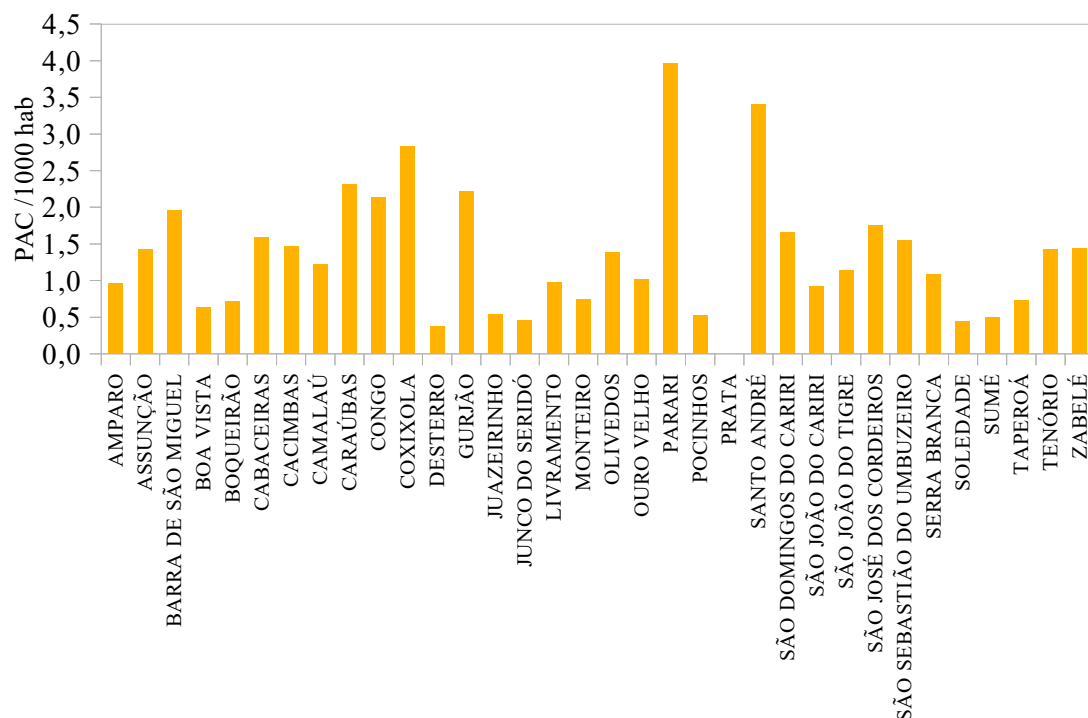


Figura 7.2: Total de ações do PAC em cada município por habitante

Fonte: A autora a partir dos dados disponíveis no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE (<https://cidades.ibge.gov.br/>), e no Portal Brasileiro de Dados Abertos (<http://dados.gov.br/>)

Dentre as ações do PAC presentes na região de estudo, as de maior interesse para a gestão do risco das secas são as de saneamento e de recursos hídricos, as quais juntas representam 60% de todas as ações. Elas são voltadas à melhoria sanitária domiciliar e à implantação ou melhoria da rede de esgotamento sanitário a nível municipal. Estas ações são de extrema importância, pois, apesar de não serem responsáveis pela oferta de água, elas auxiliam na conservação dos recursos hídricos disponíveis na medida em que impedem o despejo de resíduos sólidos sem tratamento diretamente nos corpos d'água.

Tabela 7.4. Atuação das Ações do PAC na área de estudo

MUNICÍPIO	INFRAESTRUTURA SOCIAL E URBANA							INFRAESTRUTURA ENERGÉTICA
	QUADRA ESPORTIVA EM	CRECHES E ESCOLAS	PRÉ-UBS	RECURSOS HÍDRICOS	SANEAMENTO	URBANIZAÇÃO DE ASSENTAMENTOS PRECÁRIOS	CIDADES DIGITAIS	TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA
AMPARO	1	-	-	1	-	-	-	-
ASSUNÇÃO	-	-	4	1	-	-	-	-
BARRA DE SÃO MIGUEL	-	-	-	2	8	-	-	1
BOA VISTA	1	1	-	1	1	-	-	-
BOQUEIRÃO	2	1	2	1	5	-	-	1
CABACEIRAS	1	-	-	2	5	-	-	-
CACIMBAS	-	1	5	-	4	-	-	-
CAMALAÚ	-	-	1	2	4	-	-	-
CARAÚBAS	1	-	1	2	5	-	-	-
CONGO	1	-	2	1	6	-	-	-
COXIXOLA	-	-	-	2	3	-	-	-
DESTERRO	-	-	1	-	2	-	-	-
GURJÃO	-	-	1	1	4	1	-	-
JUAZEIRINHO	-	-	4	1	4	-	-	-
JUNCO DO SERIDÓ	1	-	1	1	-	-	-	-
LIVRAMENTO	1	1	2	1	2	-	-	-
MONTEIRO	3	1	11	2	6	-	-	-
OLIVEDOS	1	-	1	1	2	-	-	-
OURO VELHO	-	-	-	1	2	-	-	-
PARARI	1	-	-	1	3	-	-	-
POCINHOS	2	1	3	3	-	-	-	-
PRATA	-	-	-	-	-	-	-	-
SANTO ANDRÉ	1	1	1	2	4	-	-	-
SÃO DOMINGOS DO CARIRI	-	-	-	1	3	-	-	-
SÃO JOÃO DO CARIRI	-	-	-	1	3	-	-	-
SÃO JOÃO DO TIGRE	1	-	-	2	2	-	-	-
SÃO JOSÉ DOS CORDEIROS	1	1	-	1	4	-	-	-
SÃO SEBASTIÃO DO UMBUZEIRO	1	-	2	2	-	-	-	-
SERRA BRANCA	2	1	2	2	7	-	-	-
SOLEDADE	2	1	1	1	1	-	-	-
SUMÉ	1	1	1	1	3	-	1	-
TAPEROÁ	1	-	4	4	2	-	-	-
TENÓRIO	1	-	1	1	1	-	-	-
ZABELÉ	1	-	1	1	-	-	-	-

Fonte: A autora a partir dos dados disponíveis no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE (<https://cidades.ibge.gov.br/>), e no Portal Brasileiro de Dados Abertos (<http://dados.gov.br/>)

As ações de recursos hídricos estão, em sua maioria, relacionadas ao projeto de integração do Rio São Francisco com as bacias do Nordeste setentrional, visto que 30 dos 34 municípios estudados estão incluídos na obra de transposição. Fazem parte dos investimentos em recursos hídricos obras de implantação e ampliação de sistemas de abastecimento de água, construção de sistemas adutores, entre outros que são essenciais para gestão do risco em secas, uma vez que contribuem para o aumento da disponibilidade e distribuição de água a população do semiárido e consequente diminuição da vulnerabilidade à seca (Tabela 7.3).

Mesmo sendo o número de obras de saneamento mais expressivo (41%) quando comparado às obras de recursos hídricos (19%), o impacto causado por elas é de menor escala quando comparado às obras de recursos hídricos como a construção de barragens, adutoras, canais, entre outras, as quais envolvem diversos municípios em uma mesma obra e demandam um investimento superior (Figura 7.3).

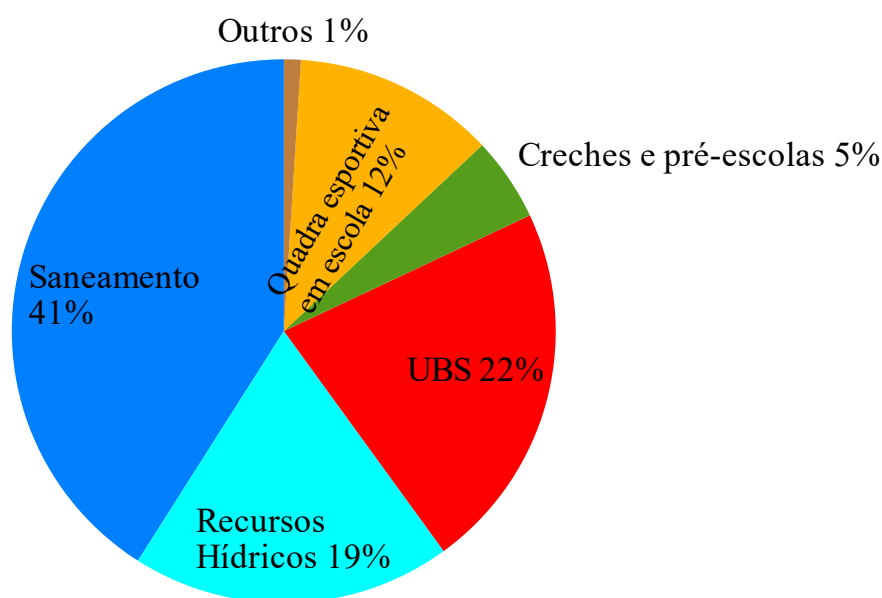


Figura 7.3: Representatividade das Ações do PAC na área de estudo

Fonte: A autora a partir dos dados disponíveis no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE (<https://cidades.ibge.gov.br/>), e no Portal Brasileiro de Dados Abertos (<http://dados.gov.br/>)

Já o programa Água para todos atua na região a partir da instalação de equipamentos voltados ao fornecimento de água de qualidade tanto para o consumo humano quando para a agricultura e pecuária. Os tipos de equipamentos disponibilizados incluem: cisternas de consumo, cisternas de produção, sistemas

coletivos de abastecimento de água, kits de irrigação, barreiros, barragens Subterrâneas e poços. Apesar de todos estes equipamentos objetivarem o acesso à água na zona rural, eles diferem entre si estruturalmente e na finalidade em que a água poderá ser utilizada de acordo com sua potabilidade.

As cisternas de consumo são reservatórios com capacidade de 16 mil litros de água que armazenam a água captada das chuvas para consumo humano. De acordo com o Ministério de Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS) (BRASIL, 2009), esse volume é considerado suficiente para a utilização de uma família de até 5 pessoas em período de estiagem de até 8 meses. Mas, para que esta capacidade total de armazenamento seja atingida, é necessário que o volume de precipitação anual seja de 400 mm e que o domicílio possua uma área de cobertura de 40 m² ou superior (ANDRADE; NUNES, 2014).

Sabendo-se que o período de estiagem pode chegar a mais de 12 meses em secas mais severas e que a precipitação anual é muitas vezes insuficiente para garantir o reabastecimento total das cisternas nos períodos chuvosos mesmo em anos com volume de precipitação regular, o volume de água armazenado nas cisternas por si só pode não ser suficiente para atravessar o período seco. Nesses casos, as cisternas deixam de ser usadas como uma gestão de risco e passa a fazer parte das ações de gestão de crise por meio do reabastecimento por carros-pipa ao longo do período de seca (DANTAS et. al., 2008; ANDRADE et. al., 2015; ANDRADE; NUNES, 2014).

Outros empreendimentos que compõem o Programa Água para Todos são: as cisternas de produção, destinadas ao armazenamento de água não potável para utilização na agricultura e pecuária; os sistemas coletivos de abastecimento de água, que incluem todo o processo de captação, tratamento e distribuição de água oriunda de corpos d'água, poços e nascentes e cuja finalidade depende da sua qualidade; os kits de irrigação, que abrangem todos componentes necessários à instalação de sistema de irrigação por gotejamento de pequeno porte em áreas entre 500 e 2000 metros quadrados; barreiros ou pequenas barragens, que são contenções superficiais da água da chuva para atender à produção agrícola e alimentar; barragens subterrâneas usadas para reter as águas pluviais no solo de área destinada ao plantio; e, por fim, os poços que captam água subterrânea através da perfuração do solo verticalmente.

Grande parte das ações realizadas pelo programa está presente na região estudada, com exceção de obras de barragens subterrâneas e distribuição de kits de irrigação (Tabela 7.4). Apesar da ausência de informações quantitativas em plataformas oficiais, existem reportagens em alguns sites de notícias como o “A União” que abordam a ação de distribuição de kits de irrigação em algumas cidades no estado da Paraíba (A UNIÃO, 2016).

Tabela 7.5. Atuação das Ações do Água para Todos na área de estudo

MUNICÍPIO	SISTEMA DE ABASTECIMENTO	DE BARREIROS	CISTERNAS PARA CONSUMO	CISTERNAS DE PRODUÇÃO	DE POÇOS
AMPARO	1	5	164	-	73
ASSUNÇÃO	-	-	60	60	38
BARRA DE SÃO MIGUEL	-	-	332	100	351
BOA VISTA	-	-	125	-	234
BOQUEIRÃO	-	-	549	101	123
CABACEIRAS	1	-	278	-	307
CACIMBAS	-	-	227	158	26
CAMALAÚ	-	-	476	-	124
CARAÚBAS	1	-	186	100	175
CONGO	-	-	221	20	71
COXIXOLA	-	-	155	-	54
DESTERRO	-	-	227	165	46
GURJÃO	2	-	88	90	150
JUAZEIRINHO	-	-	892	99	178
JUNCO DO SERIDÓ	-	-	-	-	52
LIVRAMENTO	2	5	302	63	108
MONTEIRO	-	-	433	-	674
OLIVEDOS	-	-	101	-	91
OURO VELHO	-	-	124	53	113
PARARI	2	-	75	-	47
POCINHOS	-	-	525	-	230
PRATA	-	5	195	63	125
SANTO ANDRÉ	-	-	110	100	99
SÃO DOMINGOS DO CARIRI	-	-	141	101	80
SÃO JOÃO DO CARIRI	-	-	173	100	200
SÃO JOÃO DO TIGRE	-	-	46	-	87
SÃO JOSÉ DOS CORDEIROS	2	4	183	-	121
SÃO SEBASTIÃO DO UMBUZEIRO	-	-	47	-	102
SERRA BRANCA	-	-	228	-	246
SOLEDADE	2	5	216	197	323
SUMÉ	2	-	369	-	250
TAPEROÁ	1	-	181	68	141
TENÓRIO	-	-	154	100	29
ZABELÉ	-	-	177	-	61

Fonte: A autora a partir dos dados disponíveis no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE (<https://cidades.ibge.gov.br/>), e no Portal Brasileiro de Dados Abertos (<http://dados.gov.br/>)

O município que contempla a maior quantidade de ações do programa, em números absolutos, é Juazeirinho (1169), enquanto que o município de Junco do Seridó situado a apenas 19 km de distância deste, obteve o menor número de ações (52), todas relacionadas à construção de poços. Considerando o número de ações por habitantes da

zona rural, uma vez que as ações do Programa Água para Todos englobam apenas esse público-alvo, temos os municípios de Zabelê, Ouro Velho e Gurjão como aqueles com maior número de ações por habitante e o município de Junco do Seridó permanece o menor número de ações (Figura 7.4).

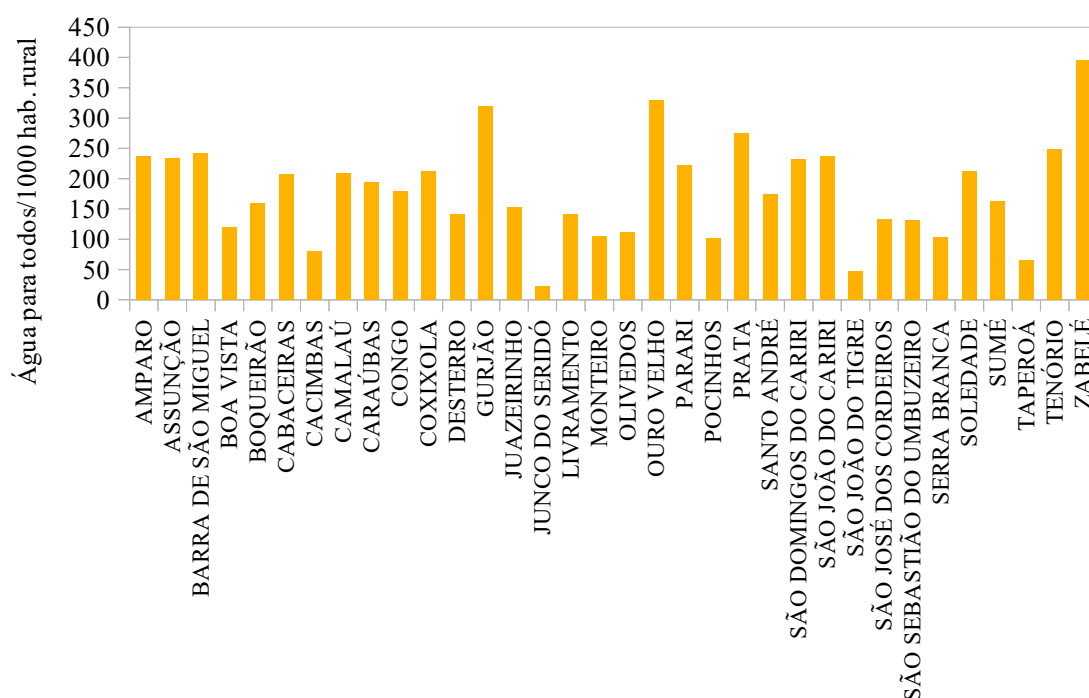


Figura 7.4: Total de ações do programa Água para Todos em cada município por habitante

Fonte: A autora a partir dos dados disponíveis no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE (<https://cidades.ibge.gov.br/>), e no Portal Brasileiro de Dados Abertos (<http://dados.gov.br/>)

Carvalho (2014), avaliando o padrão de crescimento econômico do Nordeste nos últimos anos, comenta sobre a existência de uma rede de proteção hídrica e social, criada nas últimas décadas, que tem contribuído para diminuir os efeitos negativos das secas. O autor buscou discutir algumas das razões que configuram esse novo cenário que permite uma melhor convivência com as secas prolongadas, e cita a combinação de vários fatores para explicar esse fenômeno, dentre eles a construção de uma importante infraestrutura (principalmente estradas e energia elétrica), obras de infraestrutura hidráulica (açudes, adutoras e barragens), políticas de convivência com a seca envolvendo tecnologias na área da captação e reserva de água (cisternas, barragens

subterrâneas); além dos processos de urbanização do Semiárido, e dos efeitos de políticas de educação, saúde e sociais que melhoraram as condições de vida na região. Muitas dessas ações foram, e ainda são, implantadas no âmbito do PAC e do Água para Todos.

Relação entre as Ações do PAC e Água para Todos e a Vulnerabilidade às Secas

A análise da vulnerabilidade dos municípios foi feita considerando as dimensões ambiental, econômica, sociocultural, de infraestrutura e uma vulnerabilidade total resultado da combinação das demais. Cada uma das dimensões com seus respectivos indicadores está ilustrada na Tabela 7.2.

A Figura 7.5 mostra a distribuição Vulnerabilidade e os totais de ações do PAC e Água para Todos/1000hab na área de estudo. A Vulnerabilidade Total variou entre 0,308 no município de Zabelê e 0,577 em Boqueirão. 16,38% da área de estudo apresentaram os menores índices de vulnerabilidade total que estão distribuídos em 6 municípios, sendo a maior parte dela no Alto Curso do Rio Paraíba. Mais da metade da área de estudo (55,68%) apresentou valores intermediários de vulnerabilidade, entre 0,4 e 0,5.

As maiores vulnerabilidades foram verificadas em municípios que se localizam nas extremidades da área de estudo e abrangem 27,94% da área total. Sete dos dez municípios que apresentaram valores mais elevados estão inseridos na sub-bacia do Taperoá, eles apresentaram IDMH abaixo da média da área de estudo que é de 0,597, com exceção de Boqueirão e Prata que apresentaram IDMH um pouco mais elevados, e taxa de analfabetismo em pessoas acima de 25 superiores a 30%. Além disso, mais da metade desses municípios estão entre os que receberam menos ações tanto do PAC quanto do Água para Todos.

Observar a relação entre ações do PAC com a população ajuda a entender porque cidades com grande número de ações apresentaram vulnerabilidade elevada. Dentre os dez municípios mais populosos, sete estão no grupo de maior vulnerabilidade. É o caso de Monteiro que embora tenha recebido o maior número de ações do PAC, em valores absolutos, também é o mais populoso e, talvez necessitasse de mais ações para atender as necessidades existentes. Além disso, esse município está entre os que tiveram menos ações do Programa Água para Todos, embora possua o maior número de habitantes também da zona rural.

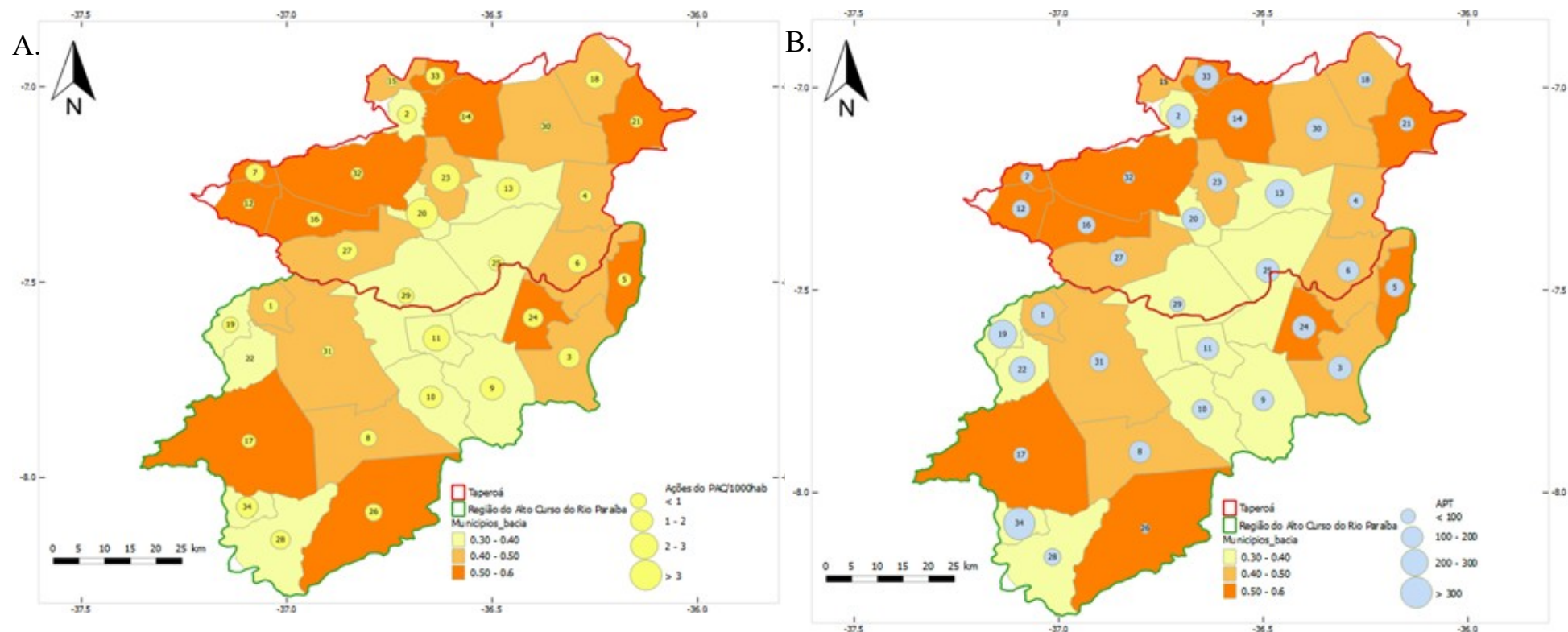


Figura 7.5: Distribuição da vulnerabilidade dos municípios e total de ações do PAC/1000hab (A) e total de ações do Água para Todos/1000hab (B)
 Fonte: A autora a partir dos dados disponíveis no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE (<https://cidades.ibge.gov.br/>), e no Portal Brasileiro de Dados Abertos (<http://dados.gov.br/>) e das shapes disponíveis no <http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportais/index.php>

Entre os dez municípios menos populosos, apenas dois apresentaram vulnerabilidade elevada, São Domingos do Cariri e Tenório. Esses dois municípios estão entre os dez que mais receberam ações do Programa Água para Todos, uma vez que os beneficiários desse programa são escolhidos a partir do Cadastro Único de Programas Sociais do Governo Federal – CadÚnic, e que esse cadastro tem a finalidade de identificar famílias de baixa renda, e portanto em situação de vulnerabilidade tanto social quanto econômica, com base em informações como: características da residência, identificação dos moradores, escolaridade, situação de trabalho e renda, entre outras. Podemos inferir que esses dois municípios, embora entre os menos populosos, possuem sua maior parte habitantes em situação de vulnerabilidade alta. O município de São Domingos do Cariri apresentou vulnerabilidade alta nas dimensões econômica e ambiental. Ambos apresentaram vulnerabilidade alta na dimensão econômica, e o município de Tenório apresentou vulnerabilidade média nas demais dimensões.

Em relação ao Programa Água para Todos, dentre os dez municípios que receberam mais ações verifica-se que oito apresentaram vulnerabilidade média (3 municípios) ou baixa (5 municípios), sendo as exceções Tenório e São Domingos do Cariri. Sete desses oito municípios tiveram em comum a baixa vulnerabilidade na dimensão de infraestrutura que considera fatores como a instalação de poços e cisternas para cada grupo 1000 habitantes da zona rural, que são ações ligadas ao Programa Água para Todos e podem ter contribuído para a diminuição da vulnerabilidade Total.

Andrade e Nunes (2014) analisaram as principais intervenções públicas realizadas no Semiárido brasileiro para garantir o abastecimento de água das comunidades sertanejas e concluíram que o Programa Água para Todos apresentou resultados importantes para universalização do acesso à água, embora necessite de complementação de outras políticas públicas. Esse resultado corrobora com o presente estudo na medida em que, a melhoria do acesso à água deve diminuir a vulnerabilidade à seca como verificado através da baixa vulnerabilidade total em cinco dos dez municípios que mais receberam ações do programa. Zarafshani et al. (2012), estudando a vulnerabilidade à seca em região semiárida no Iraque, chegaram à conclusão semelhante, de que a melhoria do acesso à água diminui a vulnerabilidade à seca. A vulnerabilidade média ou alta nos demais municípios pode ser justificada pela deficiência de políticas públicas socioeconômicas complementares e mesmo nas

limitações da ação de implantação de cisternas para captação da água chuva, que é o carro-chefe do programa.

7.4 CONCLUSÕES

As menores vulnerabilidades foram observadas em 16,38% da área de estudo, principalmente na região do Alto Curso do Rio Paraíba. Já as maiores vulnerabilidades foram verificadas em municípios que se localizam nas extremidades da área de estudo e abrangem 27,94% da área total. Mais da metade da região de estudo apresentou valores de vulnerabilidade intermediários.

As ações do PAC e do Programa Água para Todos devem ser analisadas em relação à população, pois o maior número de ações, em valores absolutos, não está relacionado com uma maior ou menor vulnerabilidade, e sim a relação entre essas ações e a população.

As ações de infraestrutura do PAC de maior interesse para a gestão do risco e consequente diminuição da vulnerabilidade à seca são as de saneamento e de recursos hídricos, as quais juntas representam 60% de todas as ações na área de estudo, o que, associado às ações do Programa Água para Todos, contribuíram para o aumento da oferta hídrica na região, que se refletiu nas baixas vulnerabilidades à seca dos municípios mais atendidos pelo programa.

As dimensões que mais influenciaram na vulnerabilidade total foram a econômica e a de infraestrutura. Municípios que apresentaram alta vulnerabilidade na dimensão econômica tenderam a apresentar alta vulnerabilidade geral e o comportamento inverso foi observado quando apresentaram baixa vulnerabilidade na dimensão de infraestrutura.

7.5 LITERATURA CITADA

A UNIÃO. **Governo entrega obras e kit de energia solar para irrigação a agricultores.** João Pessoa, 13 de abr. 2016. Disponível em: <http://auniao.pb.gov.br/noticias/caderno_politicas/ricardo-inaugura-obras-nas-cidades-de-gurinhem-e-riachao-do-bacamarte>. Acesso em: 10 mai. 2016.

ANDRADE, J. A; NUNES, M. A. Acesso à água no Semiárido Brasileiro: uma análise das políticas públicas implementadas na região. **Revista Espinhaço**. 3(2): 28-39. 2014.

ANDRADE, T. S.; NÓBREGA, R. L. B.; RIBEIRO NETO, A.; GALVÃO, C. O. Estratégias de adaptação e gestão do risco: o caso das cisternas no Semiárido brasileiro. **ClimaCom Cultura Científica**, v. 2, p. 4, 2015.

ANTWI-AGYEI, P.; FRASER, E.; DOUGILL, A.; STRINGER, L.; SIMELTON, E. Mapping the vulnerability of crop production to drought in Ghana using rainfall, yield and socioeconomic data, **Applied Geography**, v. 32, n. 2, p. 324-334. 2012.

BELAL, A.; EL-RAMADY, H. R.; MOHAMED, E. S.; SALEH, A. M. Drought risk assessment using remote sensing and GIS techniques. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 7, n. 1, p. 35-53. jan. 2014.

BRASIL. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil**, 2013a. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/download/>>. Acesso em: 12 de nov. 2016.

_____. **Atuação do programa Água para Todos no estado da Paraíba**. Ministério de Integração Nacional. [obtido através de solicitação online na plataforma e-SIC]. 2016a.

_____. **Ministério da Integração**, 2016b. Disponível em: <<http://www.mi.gov.br/web/guest/agua-para-todos>>. Acesso em: 24 de fev. 2016.

_____. **Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome**. Manual de instruções para os 38 governos municipais: programa cisternas. 2009. Disponível em: <<http://www.mds.gov.br>>. Acesso em: agosto 2016.

_____. **Ministério do Planejamento**, 2016c. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/sobre-o-pac>>. Acesso em: 15 de jun. 2016.

_____. **Ministério do Planejamento**, 2016d. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/estado/pb>>. Acesso em: 15 de jun. 2016.

CARVALHO, C. P. O. O novo padrão de crescimento no Nordeste semiárido. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 45, n. 3, p. 160-184, 2014.

DANTAS, M. S.; GAMA, D. A.; NÓBREGA, R. L. B.; GALVÃO, C. O. Estimativa de desabastecimento de cisternas usando previsões probabilísticas de precipitação sazonal. In: **Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, 2008, Salvador. IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2008.

GUTIÉRREZ, A. P. A.; ENGLE, N. L.; NYS, E. D.; MOLEJÓN, C.; MARTINS, S. M. Drought preparedness in Brazil. **Wather and Climate Extremes**. v. 3, p. 95-106, 2014.

IBGE. Características da população e dos domicílios: resultados do universo. **CENSO DEMOGRÁFICO 2010**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/2098-np-censo-demografico/9662-censo-demografico-2010.html?edicao=10503>>. Acesso em 28 de setembro de 2017.

MARINHO, C. F. C. E. **Caracterização hídrica e morfométrica do alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba**. 2011. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Departamento de Geografia, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2011.

MARTINS, M. F.; CÂNDIDO, G. A. **Índice de Desenvolvimento Sustentável para Municípios (IDSM): metodologia para análise e cálculo do IDSM e classificação dos níveis de sustentabilidade – uma aplicação no Estado da Paraíba**. João Pessoa: Sebrae, 2008.

ME-BAR, Y.; VALDEZ, F. On the vulnerability of the ancient Maya society to natural threats. **Journal of archaeological science**, 32(6), 813-825. 2005.

MISHRA, A. K.; SINGH, V. P. A review of drought concepts. **Journal of Hidrology**, v. 391, p. 202-216, 2010.

THE WORLD BANK AND THE UNITED NATIONS. **Natural hazard, unnatural disasters: the economics of effective prevention**. Washington, DC. 2011. 280 p. ISBN: 978-0-8213-8050-5.

VENTURA, A. C.; FERNÁNDEZ, L.; ANDRADE, J. C. S. Tecnologias Sociais para Enfrentamento às Mudanças Climáticas no Semiárido: Caracterização e Contribuições. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 44, n. especial, p. 213-238, 2013.

WILHITE, D. A.; SIVAKUMAR, M. V. K.; PULWARTY, R. Managing drought risk in a changing climate: The role of national drought policy. **Water and Climate Extremes**, v. 3, p. 4-13, 2014.

WILHITE, D. A.; SVOBODA, M. D.; HAYES, M. J. Understanding the complex impacts of drought: A key to enhancing drought mitigation and preparedness. **Water Resources Management**, v. 21, n. 5, p. 763-774. 2007.

ZARAFSHANI, K.; SHARAFI, L.; AZADI, H.; HOSSEININIA, G.; MAEYER, P.; WITLOX, F. Drought vulnerability assessment: the case of wheat farmers in Western Iran. **Global and Planetary Change**, v. 98, n. 99, p.122–130, 2012.

CAPÍTULO VIII

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A seca é capaz de ligar os fenômenos meteorológicos e a sociedade de tal forma que, quando ocorre, é quase certo que de alguma maneira haja consequências sociais e econômicas negativas. Como acontece com outros desastres naturais, a seca deve ser gerenciada tendo como base a gestão do risco, isto é, com medidas proativas tomadas antes e durante a ocorrência dos eventos, visando a preparação e mitigação de seus efeitos negativos.

Para que essa gestão aconteça de maneira satisfatória é fundamental a existência de um sistema de monitoramento que colete informações de maneira rápida e contínua em grandes áreas. Nesse sentido o sensoriamento remoto, aliado a um sistema de informações geográficas, tem potencial para suprir essa necessidade, especialmente em regiões onde a rede de estações meteorológica é pouco densa.

O monitoramento auxilia na identificação do início e do recuo da seca e é apontado como um dos fatores para o sucesso de programas de gestão. Dentre outras aplicações, pode ser usado na identificação do risco de esgotamento de armazenamento de água para satisfazer as demandas. Com relação a atividade pecuária, pode gerar alertas de diminuição da pastagem natural e alta no preço das rações, em razão da diminuição da oferta ocasionada pela quebra de safra devido à seca.

Ao fazer uso do monitoramento, o poder público e a sociedade passam a ter melhores condições de enfrentamento e gestão da seca. Medidas como o cuidado redobrado com a conservação da água, o abate preventivo do efetivo pecuário, e a exploração de estratégias de preços alternativos para grãos utilizados na ração animal, podem ser tomadas com mais eficiência diminuindo impactos negativos.

O Brasil tem demonstrado esforços para avançar na gestão do risco em secas, o que é demonstrado pela implementação do Monitor de Secas que efetua o acompanhamento regular e periódico da situação de seca no Nordeste. Atualmente, o principal índice de seca usado pelo Monitor é o SPI, devido ao fato de serem necessários apenas dados de chuva em sua estimativa. Para compensar o deficit de informações em algumas áreas, também são usados índices obtidos através de dados de

sensoriamento remoto, como o VHI. Outros índices como o VCI e SPEI que utilizam informação combinada de chuva, temperatura e vegetação, poderiam ser agregados para melhorar o banco de informações disponíveis para o monitor, pois demonstraram ter potencial para monitorar a seca em regiões semiáridas e apresentaram boa correlação com a pecuária, principal atividade econômica na região, podendo ser relevante para a tomada de decisão em ações de gestão de seca relacionado a esse setor econômico.

Além das ações relacionadas ao monitoramento da seca, obras de infraestrutura também auxiliam na gestão e diminuição dos impactos da seca. Especialmente as relacionadas à infraestrutura hídrica, como construção de cisternas, adutoras, açudes e barragens. Algumas dessas obras vêm sendo implementadas no semiárido no âmbito de programas como o PAC e o Água para Todos, e podem ser entendidas como ações que contribuem para a gestão do risco em secas.

Outra ação de reconhecida importância para a gestão das secas foi a construção de cisternas em larga escala. Elas funcionam como elemento de gestão de risco quando armazenam água da chuva para abastecer as famílias durante o período anual de estiagem. Elas se constituem em medida de gestão de risco em secas, por diminuir a vulnerabilidade hídrica de seus beneficiários, e também são utilizadas na gestão da crise quando armazenam água proveniente dos carros-pipas. De qualquer forma, sua contribuição para a redução da vulnerabilidade à seca é inquestionável.

A análise cruzada entre índices de secas e informações disponíveis para comporem um sistema de informações geográficas (SIG) – como dados censitários e informações oficiais sobre pecuária, seca e ações no âmbito de políticas públicas – podem facilitar a compreensão dos impactos e subsidiar o suporte a gestão da seca, visto que dados socioeconômicos e a presença de obras de infraestrutura demonstraram ter relação direta com a vulnerabilidade dos municípios. E municípios mais vulneráveis podem estar mais expostos aos efeitos negativos das secas. O emprego do SIG pode auxiliar tomadores de decisão na visualização dos locais onde a ameaça da seca tem mais condições para se materializar em desastre e, a partir daí direcionar recursos e esforços para conscientizar produtores agropecuários, gestores de recursos naturais, a sociedade em geral, e outros interessados a respeito do conceito de vulnerabilidade e necessidade de construção da resiliência para o enfrentamento de futuros eventos de seca.

É evidente que apenas a existência do monitoramento da seca e construção das obras de infraestrutura não eliminam por completo seus impactos. Ações emergenciais como a distribuição de água por carros-pipa, a venda de milho forrageiro com preço subsidiado para ração animal, e a existência de programas como o Bolsa Estiagem continuarão a ter sua importância, mas espera-se que elas aconteçam com menor expressão do que se verifica na atualidade, em virtude da diminuição da vulnerabilidade.

Para que isso ocorra, é preciso progredir na priorização de investimentos de infraestrutura social (saúde, educação, saneamento, lazer), no manejo sustentável da Caatinga e de reservatórios e mananciais hídricos, e na implementação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, Política Nacional de Proteção e Defesa Civil e da Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca.

Não se pode deixar de reconhecer os progressos na implantação de programas e ações voltadas para a convivência com o Semiárido que contribuíram significativamente para a diminuição dos impactos da seca sobre as populações. No entanto, ainda há um longo caminho em busca da sustentabilidade regional e diminuição da vulnerabilidade à seca.

Foram identificados alguns aspectos acerca do emprego de índices de secas na construção da resiliência e diminuição da vulnerabilidade à seca, que necessitam de mais aprofundamento. Alguns deles são apresentados a seguir, como sugestão para pesquisas futuras:

- O estudo atual apenas estimou os índices obtidos por sensoriamento remoto para secas de curta duração, utilizando o acumulado ou média, de dados de precipitação, temperatura e informação das condições de vegetação, para três meses. Trabalhos futuros poderão estimar esses índices para secas de média e longa duração e avaliar a correlação dos mesmos com elementos da pecuária como a produção de leite e o efetivo dos rebanhos.
- Para um entendimento mais aprofundado da relação entre a vulnerabilidade dos municípios, índices de seca e pecuária seria interessante a obtenção futura de séries de dados maiores. Apenas os dados de precipitação possuem série histórica com mais de 30 anos para a maioria dos municípios. A análise de variáveis como informação pecuária e índices por sensoriamento remoto foram realizadas para

uma série de cerca de 15 anos de dados. Muitas informações relacionadas a seca como número de carros-pipa, quantidade de bolsa estiagem concedida, número de cisternas por município, dentre outras, estão disponíveis apenas para o último evento de seca que se iniciou em 2012. O aumento dessas séries históricas auxiliará no entendimento da dinâmica da vulnerabilidade em regiões semiáridas e na gestão das secas em longo prazo.

- Devido a importância dos açudes na região, estudos futuros poderão relacionar os índices de seca com a variação dos volumes/demanda dos açudes e informações relacionadas a pecuária, demanda para irrigação, demanda por abastecimento urbano, dentre outras atividades a serem identificadas como relevantes para região semiárida, visando a gestão dos recursos hídricos e gestão das secas de maneira integrada.
- Com relação a análise de vulnerabilidade, os indicadores poderão ter seus pesos reavaliados de maneira participativa considerando visão de especialistas, gestores e público diretamente afetado pelas secas.

ANEXOS

1 Anexo 1 – Variação anual dos dados pecuários

Valores anuais da produção de leite

Nº	Nome_Munic	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	Amparo	186,0	200,0	180,0	179,0	229,0	228,0	231,0	260,0	113,0	93,0	92,0	95,0
2	Assunção	266,0	293,0	322,0	676,0	922,0	104,0	1541,0	1696,0	552,0	540,0	455,0	484,0
3	Barra de São Miguel	550,0	530,0	495,0	534,0	610,0	678,0	701,0	801,0	700,0	710,0	700,0	770,0
4	Boa Vista	1300,0	1400,0	1200,0	1351,0	1498,0	1691,0	1700,0	1720,0	1400,0	1300,0	1200,0	1100,0
5	Boqueirão	1500,0	1600,0	1650,0	1680,0	2066,0	2041,0	2300,0	2808,0	2600,0	2910,0	2800,0	2950,0
6	Cabaceiras	751,0	741,0	752,0	773,0	850,0	861,0	850,0	895,0	850,0	800,0	750,0	810,0
7	Cacimbas	113,0	130,0	149,0	158,0	187,0	173,0	189,0	220,0	82,0	83,0	94,0	113,0
8	Camalaú	305,0	350,0	333,0	366,0	405,0	416,0	420,0	502,0	173,0	186,0	199,0	218,0
9	Caraúbas	300,0	310,0	299,0	323,0	408,0	409,0	441,0	472,0	168,0	191,0	199,0	173,0
10	Congo	550,0	450,0	435,0	476,0	483,0	548,0	550,0	620,0	221,0	196,0	201,0	243,0
11	Coxixola	450,0	380,0	346,0	405,0	459,0	470,0	490,0	581,0	144,0	121,0	116,0	96,0
12	Desterro	191,0	209,0	230,0	272,0	284,0	315,0	324,0	381,0	125,0	150,0	195,0	189,0
13	Gurjão	1152,0	1100,0	1056,0	1087,0	1102,0	1115,0	1180,0	1300,0	265,0	217,0	277,0	452,0
14	Juazeirinho	345,0	413,0	475,0	1045,0	1390,0	1173,0	1801,0	2150,0	1102,0	1310,0	1419,0	1566,0
15	Junco do Seridó	180,0	198,0	173,0	353,0	478,0	605,0	647,0	724,0	317,0	371,0	400,0	460,0
16	Livramento	243,0	267,0	294,0	618,0	835,0	1068,0	1184,0	1345,0	558,0	699,0	574,0	708,0
17	Monteiro	1501,0	1061,0	1584,0	1517,0	1997,0	2170,0	2200,0	2300,0	1610,0	1539,0	1828,0	2741,0
18	Olivedos	168,0	200,0	222,0	474,0	625,0	799,0	944,0	923,0	562,0	657,0	642,0	578,0
19	Ouro Velho	307,0	340,0	330,0	281,0	314,0	384,0	400,0	410,0	170,0	154,0	181,0	317,0
20	Parari	260,0	270,0	261,0	270,0	281,0	287,0	290,0	320,0	147,0	159,0	172,0	201,0
21	Pocinhos	1010,0	1100,0	1089,0	1100,0	1229,0	1413,0	1500,0	1600,0	1450,0	1500,0	1400,0	1440,0
22	Prata	467,0	450,0	828,0	791,0	678,0	709,0	710,0	800,0	312,0	264,0	289,0	347,0
23	Santo André	573,0	570,0	581,0	592,0	604,0	633,0	650,0	700,0	189,0	186,0	199,0	163,0
24	São Domingos do Cariri	320,0	400,0	380,0	424,0	445,0	465,0	470,0	491,0	400,0	381,0	350,0	361,0
25	São João do Cariri	1040,0	1050,0	992,0	1010,0	1106,0	1169,0	1200,0	1298,0	428,0	328,0	352,0	362,0
26	São João do Tigre	320,0	320,0	306,0	344,0	382,0	415,0	410,0	441,0	197,0	196,0	200,0	214,0
27	São José dos Cordeiros	593,0	580,0	532,0	543,0	543,0	586,0	600,0	680,0	265,0	251,0	282,0	466,0
28	São Sebastião do Umbuzeiro	390,0	400,0	390,0	344,0	380,0	398,0	400,0	450,0	156,0	160,0	172,0	206,0
29	Serra Branca	428,0	430,0	410,0	470,0	504,0	595,0	600,0	656,0	225,0	219,0	230,0	260,0
30	Soledade	708,0	829,0	653,0	1422,0	1875,0	2399,0	2638,0	3298,0	924,0	1242,0	1148,0	975,0
31	Sumé	990,0	1050,0	1006,0	1024,0	1272,0	1463,0	1500,0	1536,0	495,0	539,0	594,0	484,0
32	Taperoá	821,0	960,0	1056,0	2281,0	3033,0	3881,0	4100,0	4475,0	1688,0	1934,0	2223,0	2270,0
33	Tenório	95,0	104,0	100,0	213,0	282,0	351,0	415,0	436,0	209,0	231,0	223,0	252,0
34	Zabelê	200,0	240,0	235,0	264,0	284,0	298,0	300,0	344,0	156,0	142,0	163,0	260,0

Valores anuais do efetivo do rebanho bovino

Nº	Nome_Munic	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	Amparo	1613,0	1700,0	1650,0	1700,0	1770,0	1797,0	1800,0	2000,0	1200,0	1100,0	1223,0	1467,0
2	Assunção	1411,0	1145,0	1397,0	1466,0	1656,0	1788,0	2056,0	2261,0	1130,0	1387,0	1514,0	1567,0
3	Barra de São Miguel	2700,0	2500,0	2450,0	2480,0	2619,0	2833,0	2900,0	3460,0	2700,0	3500,0	4100,0	4500,0
4	Boa Vista	5000,0	5400,0	5200,0	5670,0	5900,0	5960,0	6010,0	6000,0	5000,0	6272,0	5800,0	5000,0
5	Boqueirão	10000,0	10000,0	10100,0	10900,0	11499,0	11260,0	12500,0	10200,0	8800,0	8894,0	10000,0	10200,0
6	Cabaceiras	3700,0	3400,0	3450,0	3500,0	3670,0	3963,0	4010,0	3900,0	3000,0	3217,0	3700,0	3300,0
7	Cacimbas	1215,0	1336,0	1402,0	1470,0	1750,0	1617,0	1568,0	1838,0	1108,0	1265,0	1300,0	1200,0
8	Camalaú	3600,0	3900,0	3800,0	3900,0	3980,0	4107,0	4200,0	4547,0	2800,0	2449,0	2850,0	3363,0
9	Caraúbas	3150,0	3200,0	3100,0	3160,0	3350,0	3460,0	3500,0	4120,0	2586,0	2542,0	2620,0	2360,0
10	Congo	5200,0	2500,0	2400,0	2500,0	2600,0	2670,0	2700,0	3200,0	2100,0	2201,0	2270,0	2052,0
11	Coxixola	3200,0	1200,0	1250,0	1365,0	1400,0	1480,0	1500,0	1765,0	1235,0	1255,0	1180,0	1008,0
12	Desterro	3067,0	3167,0	3325,0	3336,0	3754,0	3936,0	4249,0	5016,0	3009,0	3314,0	3000,0	2600,0
13	Gurjão	4600,0	4200,0	3900,0	3959,0	4000,0	4210,0	4300,0	4900,0	3100,0	3127,0	3500,0	3019,0
14	Juazeirinho	2660,0	4713,0	5656,0	5373,0	3766,0	4067,0	4677,0	5540,0	3324,0	4200,0	3904,0	4442,0
15	Junco do Seridó	1500,0	2000,0	2200,0	2398,0	2093,0	2260,0	2101,0	2353,0	1529,0	1775,0	1508,0	1732,0
16	Livramento	2700,0	2131,0	2344,0	2461,0	3126,0	3313,0	3909,0	4800,0	2640,0	3051,0	3257,0	3765,0
17	Monteiro	19280,0	20000,0	19600,0	19650,0	19800,0	20740,0	21000,0	23400,0	14000,0	15278,0	16973,0	18277,0
18	Olivedos	1017,0	2347,0	2581,0	2682,0	2983,0	3161,0	2844,0	3128,0	2189,0	2803,0	2541,0	2159,0
19	Ouro Velho	3233,0	3500,0	3300,0	3350,0	3400,0	3644,0	3700,0	4100,0	2500,0	2221,0	2500,0	2394,0
20	Parari	1280,0	1400,0	1380,0	1421,0	1450,0	1460,0	1500,0	1600,0	1120,0	1138,0	1350,0	1593,0
21	Pocinhos	3600,0	3900,0	3800,0	3900,0	4000,0	4210,0	4350,0	5200,0	4500,0	5100,0	6300,0	6700,0
22	Prata	3184,0	2900,0	2950,0	2970,0	3200,0	3334,0	3400,0	3750,0	2100,0	2181,0	2400,0	2300,0
23	Santo André	3500,0	3200,0	3100,0	3150,0	3200,0	3368,0	3500,0	3854,0	2400,0	2355,0	2435,0	2517,0
24	São Domingos do Cariri	2000,0	1900,0	1850,0	1900,0	1950,0	1990,0	2000,0	2300,0	1800,0	1640,0	1600,0	1580,0
25	São João do Cariri	6300,0	5800,0	5700,0	5800,0	5900,0	6060,0	6100,0	7316,0	4121,0	4009,0	4500,0	4800,0
26	São João do Tigre	3300,0	3000,0	2950,0	2960,0	3100,0	3380,0	3400,0	3990,0	2500,0	2377,0	2800,0	3304,0
27	São José dos Cordeiros	2420,0	2200,0	2100,0	2150,0	2280,0	2489,0	2500,0	2900,0	2030,0	1918,0	2250,0	2877,0
28	São Sebastião do Umbuzeiro	3700,0	3200,0	3150,0	3155,0	3155,0	3214,0	3250,0	3600,0	2450,0	2312,0	2700,0	3186,0
29	Serra Branca	2900,0	3100,0	3050,0	3100,0	3175,0	3460,0	3500,0	4100,0	2870,0	2993,0	3400,0	4012,0
30	Soledade	3760,0	5342,0	5609,0	6113,0	8186,0	8677,0	9497,0	10839,0	7587,0	8334,0	7545,0	6413,0
31	Sumé	7288,0	8500,0	8600,0	8650,0	8800,0	8940,0	9000,0	10000,0	6400,0	6118,0	6935,0	7478,0
32	Taperoá	7600,0	5211,0	5732,0	6190,0	5261,0	5629,0	6304,0	7500,0	4750,0	5300,0	8113,0	8158,0
33	Tenório	1437,0	1497,0	1576,0	1497,0	1244,0	1318,0	1516,0	1780,0	979,0	952,0	900,0	985,0
34	Zabelê	2100,0	2200,0	2100,0	2120,0	2240,0	2210,0	2300,0	2475,0	1732,0	1698,0	2000,0	1907,0

Valores anuais do efetivo do rebanho caprino

Nº	Nome_Munic	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	Amparo	10530,0	10000,0	9000,0	9100,0	9200,0	8464,0	8000,0	7200,0	6120,0	6050,0	6776,0	4880,0
2	Assunção	2256,0	2323,0	2091,0	2028,0	2129,0	2299,0	2184,0	2403,0	1682,0	2145,0	2279,0	3273,0
3	Barra de São Miguel	14000,0	13000,0	12200,0	12800,0	13248,0	13764,0	12100,0	12000,0	9000,0	12000,0	13000,0	15500,0
4	Boa Vista	14000,0	13000,0	12500,0	12610,0	13100,0	13200,0	11500,0	10200,0	7000,0	6000,0	6800,0	8000,0
5	Boqueirão	10000,0	9500,0	9550,0	9121,0	9440,0	9310,0	9100,0	9088,0	6500,0	8040,0	9000,0	10000,0
6	Cabaceiras	15150,0	14000,0	14100,0	14400,0	14700,0	14750,0	13500,0	11080,0	8200,0	8000,0	10000,0	11500,0
7	Cacimbas	2592,0	2721,0	2857,0	2975,0	3100,0	3081,0	3120,0	3250,0	2860,0	2950,0	3050,0	2500,0
8	Camalaú	18500,0	18000,0	17500,0	18000,0	19000,0	18050,0	16000,0	14200,0	12070,0	12110,0	13199,0	16894,0
9	Caraúbas	10800,0	11000,0	10800,0	11300,0	11800,0	12530,0	11600,0	13200,0	11220,0	11232,0	12130,0	15526,0
10	Congo	13000,0	8500,0	8300,0	8800,0	8950,0	9531,0	8500,0	6840,0	5814,0	6015,0	6256,0	8007,0
11	Coxixola	9000,0	7500,0	6900,0	7000,0	7100,0	6840,0	6970,0	6170,0	5244,0	5417,0	5714,0	7313,0
12	Desterro	4284,0	4854,0	4980,0	4960,0	4216,0	5080,0	5180,0	5380,0	4573,0	4610,0	4700,0	3800,0
13	Gurjão	14700,0	15000,0	14500,0	14580,0	14600,0	14690,0	11990,0	9900,0	8415,0	8474,0	8897,0	10121,0
14	Juazeirinho	5135,0	6162,0	6778,0	6439,0	5795,0	6316,0	6947,0	6400,0	7040,0	6600,0	5939,0	7779,0
15	Junco do Seridó	1275,0	1147,0	1032,0	970,0	1067,0	1141,0	1083,0	974,0	584,0	738,0	1100,0	1500,0
16	Livramento	7200,0	8280,0	9522,0	9712,0	10683,0	11537,0	11767,0	11178,0	7266,0	6395,0	4943,0	6129,0
17	Monteiro	35000,0	32000,0	30000,0	31000,0	31760,0	30240,0	28240,0	25200,0	21420,0	22307,0	23310,0	29584,0
18	Olivedos	1800,0	3960,0	4554,0	4280,0	4665,0	4991,0	4491,0	5254,0	3678,0	4848,0	4363,0	3839,0
19	Ouro Velho	1962,0	1900,0	1950,0	2000,0	2170,0	2078,0	2000,0	1900,0	1899,0	2008,0	2119,0	1983,0
20	Parari	8300,0	8500,0	8000,0	8200,0	8300,0	8020,0	8100,0	7900,0	6715,0	6660,0	6993,0	8617,0
21	Pocinhos	16443,0	16000,0	16200,0	16500,0	16300,0	16200,0	14450,0	12200,0	11000,0	7000,0	8000,0	10000,0
22	Prata	7862,0	7500,0	7580,0	7600,0	7850,0	7536,0	7600,0	6840,0	5814,0	5993,0	6412,0	4697,0
23	Santo André	8500,0	8200,0	8250,0	9000,0	9200,0	9016,0	9500,0	7800,0	6630,0	6677,0	7277,0	9314,0
24	São Domingos do Cariri	8500,0	8000,0	8100,0	8300,0	8500,0	8410,0	8500,0	7200,0	6000,0	5800,0	6500,0	7500,0
25	São João do Cariri	9600,0	10000,0	9900,0	10000,0	10200,0	10924,0	11020,0	9500,0	8075,0	8111,0	8759,0	11211,0
26	São João do Tigre	18000,0	16200,0	16000,0	16100,0	17030,0	17970,0	16870,0	18500,0	15725,0	15117,0	15721,0	20122,0
27	São José dos Cordeiros	5228,0	5000,0	5100,0	5250,0	5390,0	5864,0	6000,0	6500,0	5525,0	5482,0	5702,0	8936,0
28	São Sebastião do Umbuzeiro	16000,0	16000,0	15500,0	15650,0	15900,0	15950,0	13750,0	15649,0	13302,0	13212,0	13872,0	17756,0
29	Serra Branca	27500,0	26000,0	25500,0	25600,0	25850,0	26108,0	23108,0	19500,0	16575,0	1607,0	16978,0	21731,0
30	Soledade	15000,0	14250,0	13538,0	14214,0	15635,0	16260,0	17073,0	18780,0	14146,0	15358,0	16265,0	17330,0
31	Sumé	18100,0	18000,0	17500,0	17600,0	19000,0	19200,0	17200,0	15400,0	13090,0	13117,0	13172,0	16860,0
32	Taperoá	18050,0	18591,0	16732,0	15895,0	13192,0	14115,0	15244,0	13957,0	9770,0	10657,0	12232,0	11009,0
33	Tenório	2723,0	2995,0	3145,0	2987,0	3136,0	3324,0	3889,0	4473,0	3131,0	2857,0	2749,0	3243,0
34	Zabelê	11500,0	11000,0	11100,0	11200,0	11600,0	11020,0	10500,0	11000,0	9350,0	8903,0	9259,0	9610,0

Valores anuais do efetivo do rebanho suíno

Nº	Nome_Munic	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	Amparo	139,0	130,0	141,0	146,0	160,0	145,0	148,0	135,0	128,0	110,0	104,0	164,0
2	Assunção	254,0	250,0	216,0	226,0	251,0	276,0	249,0	261,0	220,0	372,0	549,0	845,0
3	Barra de São Miguel	535,0	510,0	540,0	515,0	554,0	545,0	535,0	480,0	420,0	450,0	480,0	560,0
4	Boa Vista	385,0	360,0	385,0	397,0	410,0	370,0	378,0	387,0	380,0	350,0	500,0	1000,0
5	Boqueirão	650,0	620,0	680,0	660,0	690,0	750,0	720,0	750,0	725,0	987,0	1400,0	2600,0
6	Cabaceiras	450,0	432,0	457,0	475,0	475,0	460,0	472,0	465,0	435,0	400,0	550,0	1109,0
7	Cacimbas	431,0	477,0	500,0	518,0	557,0	577,0	598,0	615,0	554,0	600,0	640,0	530,0
8	Camalaú	535,0	510,0	545,0	560,0	550,0	575,0	530,0	560,0	532,0	503,0	472,0	645,0
9	Caraúbas	465,0	470,0	500,0	470,0	485,0	458,0	470,0	450,0	427,0	413,0	403,0	536,0
10	Congo	730,0	680,0	750,0	720,0	680,0	710,0	700,0	727,0	694,0	673,0	686,0	809,0
11	Coxixola	213,0	200,0	215,0	161,0	168,0	174,0	170,0	185,0	176,0	181,0	185,0	214,0
12	Desterro	823,0	858,0	881,0	902,0	921,0	943,0	980,0	1019,0	921,0	950,0	900,0	750,0
13	Gurjão	470,0	430,0	445,0	428,0	450,0	440,0	425,0	440,0	417,0	398,0	383,0	579,0
14	Juazeirinho	546,0	655,0	567,0	600,0	669,0	709,0	755,0	792,0	686,0	891,0	1060,0	1546,0
15	Junco do Seridó	463,0	440,0	408,0	440,0	458,0	494,0	454,0	407,0	260,0	293,0	322,0	500,0
16	Livramento	294,0	341,0	321,0	346,0	403,0	419,0	461,0	473,0	306,0	345,0	750,0	637,0
17	Monteiro	1700,0	1660,0	1565,0	1600,0	1670,0	1570,0	1650,0	1490,0	1415,0	1391,0	1364,0	2180,0
18	Olivedos	157,0	283,0	311,0	319,0	344,0	361,0	317,0	276,0	243,0	340,0	289,0	332,0
19	Ouro Velho	390,0	365,0	380,0	395,0	420,0	395,0	400,0	360,0	341,0	327,0	313,0	515,0
20	Parari	350,0	320,0	335,0	305,0	320,0	305,0	290,0	290,0	275,0	250,0	231,0	245,0
21	Pocinhos	1040,0	980,0	1019,0	1040,0	1090,0	1035,0	990,0	990,0	930,0	700,0	1000,0	2700,0
22	Prata	430,0	410,0	436,0	460,0	475,0	470,0	450,0	405,0	385,0	361,0	322,0	769,0
23	Santo André	360,0	330,0	360,0	350,0	370,0	372,0	380,0	360,0	342,0	327,0	292,0	361,0
24	São Domingos do Cariri	310,0	300,0	313,0	295,0	280,0	263,0	270,0	300,0	280,0	250,0	240,0	250,0
25	São João do Cariri	500,0	450,0	480,0	450,0	475,0	475,0	460,0	490,0	466,0	387,0	345,0	545,0
26	São João do Tigre	810,0	800,0	830,0	855,0	875,0	850,0	820,0	900,0	855,0	700,0	665,0	475,0
27	São José dos Cordeiros	704,0	670,0	685,0	710,0	740,0	695,0	640,0	580,0	552,0	484,0	459,0	680,0
28	São Sebastião do Umbuzeiro	750,0	740,0	760,0	775,0	750,0	729,0	700,0	580,0	551,0	467,0	425,0	459,0
29	Serra Branca	375,0	360,0	380,0	415,0	445,0	433,0	440,0	467,0	443,0	376,0	365,0	576,0
30	Soledade	380,0	418,0	448,0	474,0	497,0	535,0	561,0	569,0	398,0	420,0	592,0	871,0
31	Sumé	1627,0	1620,0	1680,0	1720,0	1845,0	1830,0	1845,0	1650,0	1567,0	1831,0	1722,0	2454,0
32	Taperoá	806,0	885,0	758,0	784,0	766,0	809,0	744,0	768,0	653,0	690,0	1293,0	1487,0
33	Tenório	230,0	253,0	238,0	238,0	261,0	281,0	294,0	328,0	230,0	269,0	322,0	450,0
34	Zabelê	425,0	410,0	425,0	450,0	430,0	414,0	430,0	370,0	352,0	328,0	319,0	551,0

Valores anuais do efetivo do rebanho galináceo

Nº	Nome _Munic	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	Amparo	6327,0	6800,0	6800,0	7100,0	7300,0	7520,0	7520,0	8100,0	8100,0	7779,0	8066,0	10514,0
2	Assunção	2240,0	2016,0	2016,0	1939,0	2180,0	2410,0	2410,0	2277,0	2277,0	1745,0	2517,0	2768,0
3	Barra de São Miguel	14200,0	14500,0	14500,0	14200,0	15272,0	15717,0	15717,0	15000,0	15000,0	12000,0	12500,0	13200,0
4	Boa Vista	137800,0	148000,0	148000,0	159000,0	163500,0	165810,0	165810,0	182000,0	182000,0	180000,0	190000,0	170000,0
5	Boqueirão	10600,0	11300,0	11300,0	11620,0	12181,0	12690,0	12690,0	13900,0	13900,0	14100,0	15000,0	17000,0
6	Cabaceiras	5100,0	5300,0	5300,0	5700,0	5890,0	6022,0	6022,0	6230,0	6230,0	5800,0	6000,0	6300,0
7	Cacimbas	13927,0	15068,0	15068,0	17347,0	17442,0	17810,0	17810,0	18180,0	18180,0	16000,0	16500,0	15500,0
8	Camalaú	37000,0	36000,0	36000,0	34500,0	35700,0	36114,0	36114,0	39300,0	39300,0	31857,0	32494,0	10619,0
9	Caraúbas	11100,0	12000,0	12000,0	12000,0	12700,0	12739,0	12739,0	12970,0	12970,0	12311,0	12746,0	27660,0
10	Congo	11000,0	11400,0	11400,0	10600,0	10900,0	10540,0	10540,0	10800,0	10800,0	9992,0	10391,0	8580,0
11	Coxixola	6400,0	6800,0	6800,0	7170,0	7830,0	7995,0	7995,0	7308,0	7308,0	7401,0	7549,0	8700,0
12	Desterro	15726,0	16720,0	16720,0	17242,0	17420,0	18060,0	18060,0	18527,0	18527,0	12538,0	13100,0	11700,0
13	Gurjão	4840,0	4920,0	4920,0	4900,0	5200,0	5460,0	5460,0	5650,0	5650,0	5666,0	5920,0	10605,0
14	Juazeirinho	8386,0	9224,0	9224,0	8645,0	7780,0	8520,0	8520,0	9878,0	9878,0	8993,0	20415,0	17597,0
15	Junco do Seridó	3767,0	3390,0	3390,0	3240,0	3563,0	3863,0	3863,0	2944,0	2944,0	2756,0	2259,0	3072,0
16	Livramento	4351,0	5174,0	5174,0	4771,0	4609,0	4937,0	4937,0	5555,0	5555,0	4664,0	18558,0	25609,0
17	Monteiro	107000,0	113000,0	113000,0	112300,0	113950,0	115700,0	115700,0	119200,0	119200,0	117377,0	120311,0	81759,0
18	Olivedos	3335,0	3834,0	3834,0	4501,0	4924,0	5292,0	5292,0	7510,0	7510,0	5100,0	32509,0	38709,0
19	Ouro Velho	88168,0	90300,0	90300,0	91200,0	92500,0	99902,0	99902,0	114200,0	114200,0	90207,0	90842,0	95359,0
20	Parari	7900,0	8200,0	8200,0	8650,0	8830,0	8390,0	8390,0	8800,0	8800,0	7447,0	7744,0	13750,0
21	Pocinhos	91904,0	102000,0	102000,0	108000,0	110000,0	718383,0	718383,0	744000,0	744000,0	1300000,0	1350000,0	1300000,0
22	Prata	30430,0	28500,0	28500,0	29000,0	29150,0	28550,0	28550,0	30700,0	30700,0	25737,0	26766,0	34497,0
23	Santo André	4020,0	4200,0	4200,0	4570,0	4850,0	4950,0	4950,0	5450,0	5450,0	4231,0	4527,0	15220,0
24	São Domingos do Cariri	7500,0	7900,0	7900,0	8000,0	8350,0	8310,0	8310,0	9100,0	9100,0	8000,0	8000,0	8500,0
25	São João do Cariri	7800,0	8000,0	8000,0	7450,0	7680,0	8091,0	8091,0	8370,0	8370,0	7909,0	8125,0	20300,0
26	São João do Tigre	6700,0	6800,0	6800,0	6970,0	7300,0	7742,0	7742,0	9190,0	9190,0	7977,0	8336,0	8252,0
27	São José dos Cordeiros	7700,0	8000,0	8000,0	8210,0	8470,0	8610,0	8610,0	9200,0	9200,0	7577,0	8185,0	7180,0
28	São Sebastião do Umbuzeiro	5600,0	5600,0	5600,0	5950,0	6270,0	6050,0	6050,0	6624,0	6624,0	5717,0	6174,0	8633,0
29	Serra Branca	9100,0	9400,0	9400,0	9600,0	9230,0	9876,0	9876,0	10600,0	10600,0	9873,0	9351,0	16349,0
30	Soledade	40623,0	54275,0	54275,0	57613,0	95013,0	105783,0	105783,0	121615,0	121615,0	120400,0	142450,0	439435,0
31	Sumé	30216,0	30000,0	30000,0	31000,0	32200,0	35228,0	35228,0	37400,0	37400,0	35783,0	37572,0	71200,0
32	Taperoá	34136,0	31686,0	31686,0	12083,0	13415,0	14622,0	14622,0	15281,0	15281,0	12585,0	18421,0	16578,0
33	Tenório	4305,0	4734,0	4734,0	4589,0	5047,0	5402,0	5402,0	6536,0	6536,0	3700,0	3062,0	3258,0
34	Zabelê	5100,0	5000,0	5000,0	5400,0	5450,0	5340,0	5340,0	6400,0	6400,0	5772,0	6002,0	5255,0

2 Anexo 2 – Variação anual dos índices de seca

Valores anuais do PCI

Nº	Nome_Munic	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	Amparo	24,21	26,33	24,86	17,24	14,94	30,78	35,65	14,75	42,16	46,59	22,41	29,85	3,84	14,25	26,82	17,33
2	Assunção	24,30	25,65	24,64	16,12	12,28	27,83	37,91	15,87	43,48	36,75	19,63	31,79	3,58	12,58	23,27	14,54
3	Barra de São Miguel	32,00	26,27	26,31	15,60	21,58	36,53	27,69	16,32	43,82	28,64	33,55	37,22	5,13	15,94	20,93	9,15
4	Boa Vista	29,17	24,15	24,03	15,94	17,60	29,02	27,59	14,59	43,48	28,90	24,34	32,34	6,46	14,51	20,11	10,15
5	Boqueirão	31,33	24,95	25,43	17,19	20,36	31,10	28,52	15,67	44,16	27,33	27,54	35,33	7,41	16,66	20,13	9,62
6	Cabaceiras	29,95	24,97	24,77	15,56	18,27	31,56	26,68	14,64	43,10	28,50	29,20	35,57	5,21	15,31	19,79	9,40
7	Cacimbas	23,85	27,41	27,10	18,84	13,96	28,96	39,73	16,49	45,35	46,92	18,72	29,42	3,64	14,30	28,39	19,32
8	Camalú	24,73	25,61	22,10	14,05	16,25	32,69	37,77	16,24	39,51	38,18	27,35	28,74	2,85	15,27	22,12	11,82
9	Caraúbas	28,04	25,90	23,43	13,24	18,45	32,95	30,44	14,23	43,04	33,07	30,18	34,50	3,97	14,28	19,81	9,99
10	Congo	27,91	26,42	23,38	12,54	20,24	33,77	33,66	14,46	41,87	35,35	31,31	32,20	3,89	14,95	20,28	10,66
11	Coxixola	24,42	25,07	20,91	12,46	13,71	29,40	31,95	12,02	42,54	36,84	25,70	34,86	3,09	11,74	19,18	10,52
12	Desterro	23,98	28,15	28,09	19,53	14,83	29,54	39,22	16,81	45,76	50,96	19,83	29,04	3,89	14,74	30,44	21,29
13	Gurjão	26,22	24,93	23,06	14,45	13,78	27,43	30,70	13,97	43,22	33,21	24,79	33,35	3,99	12,85	20,72	11,58
14	Juazeirinho	25,00	25,37	24,17	14,76	12,33	27,85	35,06	15,89	42,41	34,66	22,77	33,38	4,02	11,77	22,24	13,69
15	Junco do Seridó	24,98	24,86	26,35	16,88	13,10	28,71	39,90	16,57	45,30	39,12	18,72	31,10	3,57	13,45	27,16	15,53
16	Livramento	23,91	25,10	22,13	16,40	12,31	27,53	39,08	13,56	41,22	43,14	17,74	32,94	2,38	14,18	23,31	14,06
17	Monteiro	23,90	25,74	24,49	18,11	17,71	30,47	36,07	16,84	37,99	43,85	27,40	25,31	3,85	14,47	27,07	16,88
18	Olivedos	29,54	23,55	24,75	17,93	18,12	30,04	30,46	16,54	43,42	31,18	20,84	31,35	6,43	13,68	23,04	11,72
19	Ouro Velho	23,99	26,45	25,75	18,60	16,33	30,45	32,81	15,26	40,67	47,93	24,15	27,03	4,22	14,75	28,28	19,22
20	Parari	25,50	27,03	21,79	14,07	12,57	28,14	34,25	13,24	44,53	37,59	26,10	37,52	3,00	12,94	20,67	12,29
21	Pocinhos	30,99	24,33	24,41	17,58	19,82	31,27	28,35	15,96	43,81	27,69	19,53	31,52	9,46	14,69	20,34	10,63
22	Prata	23,95	26,10	25,12	18,36	17,02	30,46	34,44	16,05	39,33	45,89	25,78	26,17	4,03	14,61	27,67	18,05
23	Santo André	25,25	26,20	22,98	14,41	12,45	28,00	34,66	14,57	43,47	36,13	24,44	35,45	3,51	12,35	21,46	12,99
24	São Domingos do Cariri	28,78	25,39	24,45	14,34	16,78	32,22	27,27	14,64	43,30	30,33	29,50	35,64	4,24	14,51	19,53	9,66
25	São João do Cariri	27,50	24,04	22,76	13,86	14,88	26,41	24,33	12,91	42,38	29,73	27,61	32,84	4,45	14,00	18,88	9,35
26	São João do Tigre	30,52	25,89	24,75	16,69	24,73	37,49	36,24	19,84	42,77	38,21	38,31	29,73	3,74	20,94	22,15	12,81
27	São José dos Cordeiros	24,51	26,17	23,18	15,90	13,34	29,39	36,87	13,95	42,89	43,15	21,73	33,24	3,17	13,78	24,04	14,78
28	São Sebastião do Umbuzeiro	28,27	24,21	22,20	15,71	22,50	35,07	34,01	18,88	41,82	38,14	37,83	28,50	2,95	17,87	20,53	12,49
29	Serra Branca	24,57	25,56	21,68	14,25	13,09	29,12	35,55	13,19	42,37	39,77	23,11	34,48	3,02	13,00	21,57	12,27
30	Soledade	26,88	23,26	23,52	15,13	15,32	27,31	29,15	13,82	43,58	30,86	22,69	29,66	4,50	12,69	21,06	11,00
31	Sumé	24,44	25,06	21,88	14,07	13,76	31,41	36,93	13,95	41,17	41,51	22,89	32,59	3,59	13,15	23,14	12,19
32	Taperoá	24,33	26,62	24,90	16,96	13,18	28,40	37,93	15,36	44,04	42,69	20,46	32,02	3,39	13,63	25,23	16,34
33	Tenório	25,58	24,46	25,78	15,96	13,26	28,86	38,02	16,93	44,46	35,79	20,84	31,75	3,88	12,70	26,20	14,59
34	Zabelê	25,84	22,14	20,48	17,22	18,52	32,76	35,68	16,71	40,44	42,79	34,46	27,38	2,37	16,49	21,13	13,41

Valores anuais do VCI

Nº	Nome Munic	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	Amparo	66,26	56,02	77,43	74,07	73,78	78,00	85,19	84,59	87,49	87,40	58,26	90,50	25,67	26,70	73,49	50,86
2	Assunção	59,12	57,10	65,01	44,22	62,29	61,50	79,26	58,20	82,40	86,31	76,85	84,03	33,53	34,97	57,48	50,07
3	Barra de São Miguel	69,87	57,99	63,07	54,98	79,59	75,86	71,21	67,03	84,55	82,34	67,51	78,83	47,75	44,16	52,92	37,68
4	Boa Vista	66,20	52,24	59,53	58,87	76,48	62,56	56,06	66,88	85,74	81,29	62,17	78,86	49,05	47,37	56,27	26,72
5	Boqueirão	54,55	59,53	62,97	56,72	71,30	67,52	60,33	61,81	78,01	75,91	58,88	72,62	47,90	49,23	60,66	31,84
6	Cabaceiras	67,64	44,57	65,11	55,79	73,52	63,98	61,51	58,47	79,37	80,39	59,24	78,18	46,19	42,98	59,24	27,50
7	Cacimbas	67,75	67,85	87,69	72,71	81,32	78,25	89,00	85,88	86,78	91,34	81,12	91,92	40,55	53,49	64,74	47,83
8	Camalaú	64,84	53,62	57,22	51,46	69,80	71,96	70,32	65,86	86,01	87,34	63,76	80,70	30,63	35,42	57,02	43,99
9	Caraúbas	64,14	55,63	59,32	43,41	75,54	72,79	72,07	65,87	85,14	83,26	70,38	87,10	43,63	37,38	44,31	41,06
10	Congo	65,14	60,15	56,03	50,83	70,80	71,40	68,66	65,08	80,79	84,29	72,84	83,90	33,99	29,63	46,04	46,13
11	Coxíola	61,15	59,32	59,06	45,94	68,15	70,83	79,75	63,87	79,72	85,22	64,22	84,71	41,00	32,16	54,74	46,66
12	Desterro	70,04	64,86	85,16	68,12	78,86	79,28	87,98	88,44	88,47	91,68	78,87	94,14	40,76	46,37	67,84	47,63
13	Gurjão	69,73	45,13	53,75	40,36	68,13	62,37	65,47	56,12	85,07	81,32	67,01	84,78	42,74	35,82	52,66	32,26
14	Juazeirinho	70,51	56,21	61,45	42,62	67,10	63,08	74,48	56,62	79,74	88,52	71,08	86,15	30,40	30,74	58,32	38,08
15	Junco do Seridó	61,40	58,82	78,42	48,89	73,64	70,62	87,28	78,19	84,47	92,55	70,46	88,03	37,77	41,19	59,17	51,59
16	Livramento	64,52	41,08	58,63	51,76	67,17	71,22	82,02	78,54	85,17	83,07	67,89	88,18	28,84	31,18	55,24	29,29
17	Monteiro	75,08	56,10	68,04	65,19	79,33	77,29	78,67	79,54	87,27	87,18	72,57	83,33	31,29	41,92	65,51	40,69
18	Olivedos	73,62	61,93	66,34	53,38	76,96	72,55	73,51	65,42	89,79	87,54	61,72	77,96	49,96	48,16	50,76	36,17
19	Ouro Velho	76,98	47,03	70,98	65,97	70,44	74,36	80,85	83,83	86,45	85,71	69,50	89,56	30,88	29,56	73,23	48,05
20	Parari	55,98	39,23	60,92	30,40	62,91	70,21	72,75	57,41	81,51	82,85	68,87	87,45	38,16	37,26	62,32	34,63
21	Pocinhos	62,26	59,52	55,57	62,35	81,89	67,28	61,73	57,98	87,08	82,93	62,82	78,81	56,11	55,69	53,08	39,52
22	Prata	77,80	51,68	72,90	71,08	76,27	76,16	82,20	85,28	86,94	83,47	71,09	87,27	31,66	37,47	73,48	42,36
23	Santo André	55,05	36,38	56,14	31,47	63,34	56,78	68,10	56,98	78,82	83,89	71,37	86,24	37,65	33,65	58,04	38,66
24	São Domingos do Cariri	76,28	50,57	63,88	47,13	78,72	74,20	61,19	62,25	84,97	81,41	66,16	80,30	43,04	32,94	47,15	33,87
25	São João do Cariri	73,35	47,28	60,98	39,77	70,99	70,92	68,86	58,89	83,83	83,42	69,38	83,81	38,23	33,99	45,46	30,85
26	São João do Tigre	63,93	57,09	60,57	55,18	77,64	74,51	76,57	68,28	86,27	88,72	74,84	79,28	40,53	42,36	58,49	55,94
27	São José dos Cordeiros	67,95	47,39	64,18	51,06	69,34	74,66	82,33	76,99	86,66	86,48	73,20	86,57	32,03	33,81	62,47	37,52
28	São Sebastião do Umbuzeiro	70,08	58,46	62,08	65,31	78,23	76,54	80,16	79,27	88,70	92,58	81,23	81,44	42,59	47,71	63,07	53,71
29	Serra Branca	63,14	51,20	59,66	48,97	62,23	70,05	78,04	61,68	79,99	83,95	69,78	85,06	34,39	31,41	54,21	40,99
30	Soledade	72,46	59,67	63,33	55,35	75,15	64,87	70,12	62,64	89,14	87,25	64,62	82,88	44,11	40,75	64,77	31,65
31	Sumé	68,72	56,49	68,01	63,50	69,91	76,40	78,12	80,00	85,96	83,68	64,99	87,42	32,75	28,61	66,00	35,90
32	Taperoá	54,82	44,50	66,63	43,35	65,92	68,80	79,69	64,97	82,16	84,53	67,76	87,93	37,22	38,04	59,92	45,02
33	Tenório	65,26	64,78	65,01	43,11	65,85	63,29	80,31	61,48	82,36	91,96	75,79	85,42	33,98	32,53	58,51	46,69
34	Zabelê	75,46	54,29	57,45	67,42	80,29	79,12	76,33	82,27	86,87	90,67	80,35	80,04	39,63	44,72	60,57	44,49

Valores anuais do TCI

Nº	Nome Munic	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	Amparo	52,50	60,17	60,91	53,93	62,61	65,54	66,93	57,07	72,47	71,78	56,31	68,86	35,16	40,81	61,23	40,32
2	Assunção	16,04	33,22	16,15	11,68	16,80	17,00	18,75	12,66	19,27	19,62	17,51	19,66	11,19	12,16	13,84	12,27
3	Barra de São Miguel	54,27	52,43	46,81	36,76	52,14	54,26	48,44	41,49	56,45	58,57	45,82	58,00	35,00	34,71	39,39	26,78
4	Boa Vista	58,31	53,93	50,92	44,34	55,59	55,89	50,18	46,96	63,04	63,46	51,81	64,03	40,75	40,20	47,92	30,10
5	Boqueirão	57,56	57,80	50,70	46,11	57,82	60,18	50,54	45,86	60,24	65,58	51,86	64,42	42,20	42,73	48,93	28,87
6	Cabaceiras	64,96	55,79	60,82	47,55	61,54	64,63	58,96	48,37	69,78	74,12	57,40	69,69	43,70	46,58	53,72	31,11
7	Cacimbas	8,94	31,53	10,98	7,91	11,00	10,23	11,99	9,70	12,18	12,32	9,70	11,90	5,96	7,98	9,06	6,45
8	Camalú	33,64	44,65	32,19	26,51	35,60	36,86	38,87	28,19	40,47	43,03	34,89	38,84	22,50	24,98	28,28	23,92
9	Caratúbas	34,65	44,60	31,16	23,74	33,12	37,37	36,54	27,59	39,92	40,59	34,71	40,62	23,17	22,79	25,67	20,61
10	Congo	60,54	60,33	54,13	45,57	58,55	65,68	68,10	47,61	69,43	73,99	65,47	69,24	39,19	39,75	46,90	40,61
11	Coxíola	25,13	38,20	23,00	18,45	24,00	27,69	31,65	22,19	29,99	30,92	25,55	31,54	19,41	17,70	22,12	17,72
12	Desterro	11,50	32,62	13,09	9,39	13,57	13,62	15,31	12,66	15,74	15,65	12,09	15,40	7,44	8,99	10,80	7,97
13	Gurjão	60,98	54,37	51,43	38,47	54,75	55,41	58,95	44,59	66,98	68,52	54,51	67,97	39,80	37,58	46,58	33,66
14	Juazeirinho	38,95	45,09	37,44	25,54	36,84	36,52	43,15	29,71	44,78	45,33	38,43	45,83	25,55	25,32	32,46	25,15
15	Junco do Seridó	19,54	28,12	20,73	14,02	21,34	21,81	24,27	18,21	24,02	24,47	19,87	24,49	13,17	15,36	18,88	14,60
16	Livramento	20,14	36,15	18,80	15,75	22,08	22,06	25,52	20,59	26,76	27,05	21,44	25,55	13,10	15,46	19,22	14,10
17	Monteiro	32,66	44,76	31,76	27,67	35,48	36,85	38,23	31,90	40,94	41,57	33,99	36,58	19,64	25,07	28,80	20,93
18	Olivedos	62,84	57,02	56,00	43,11	62,40	61,87	60,43	47,29	72,99	75,34	53,30	68,41	44,80	44,73	47,28	30,99
19	Ouro Velho	49,75	47,19	47,41	41,88	50,74	55,56	57,39	49,93	63,56	61,32	50,01	58,35	28,29	36,72	51,06	31,05
20	Parari	11,02	29,86	10,60	7,10	10,42	11,58	12,84	8,72	13,26	13,58	11,47	13,59	7,49	7,32	9,29	6,56
21	Pocinhos	64,80	59,75	58,26	53,30	71,63	67,44	58,80	52,18	76,95	76,65	55,01	75,44	50,28	49,81	54,06	32,32
22	Prata	46,46	49,47	43,97	42,99	50,61	52,11	56,04	47,24	59,35	58,66	49,15	53,57	27,77	34,19	46,02	27,05
23	Santo André	41,33	41,73	39,11	27,24	38,66	41,61	46,50	33,67	48,78	49,98	44,27	50,69	28,28	27,76	33,83	27,52
24	São Domingos do Cariri	32,28	39,17	28,97	20,85	29,73	32,27	28,71	23,89	33,61	34,46	26,73	34,56	20,43	21,03	23,76	14,37
25	São João do Cariri	42,48	44,40	37,36	27,75	38,37	42,58	41,05	30,76	46,19	47,62	39,21	47,82	26,25	26,07	30,29	21,47
26	São João do Tigre	43,51	51,36	43,17	36,15	47,54	50,27	50,66	38,77	54,81	57,58	49,44	48,98	31,26	34,57	38,65	32,93
27	São José dos Cordeiros	28,29	39,41	26,02	21,20	28,17	31,44	34,96	26,00	34,93	35,41	29,87	34,45	18,63	21,17	26,34	19,07
28	São Sebastião do Umbuzeiro	30,04	44,33	29,94	25,57	32,55	35,70	36,12	30,75	38,62	39,55	33,03	34,67	22,23	26,83	27,18	21,98
29	Serra Branca	26,51	36,62	24,71	19,45	25,07	28,50	32,70	22,42	31,43	32,57	27,81	32,66	18,53	18,42	23,00	16,68
30	Soledade	53,35	52,01	50,68	37,62	53,03	51,10	52,79	40,92	62,00	62,85	48,96	61,80	37,95	36,02	47,37	29,27
31	Sumé	36,57	44,87	37,00	31,79	38,35	41,99	45,27	34,68	45,65	46,92	38,19	43,63	24,41	25,85	36,88	24,25
32	Taperoá	18,71	34,73	18,78	13,93	20,33	20,39	23,34	16,39	24,56	24,63	20,09	24,35	12,85	14,26	17,51	13,90
33	Tenório	38,34	47,43	37,00	25,18	36,90	36,50	42,78	29,93	42,12	44,13	37,13	44,44	25,22	25,58	33,52	27,46
34	Zabelê	23,25	39,10	21,92	20,21	24,74	27,72	25,49	23,67	29,21	29,49	24,59	25,87	14,62	19,86	19,48	14,26

Valores anuais do VHI

Nº	Nome_Munic	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	Amparo	59,38	58,10	69,17	64,00	68,20	71,77	76,06	70,83	79,98	79,59	57,29	79,68	30,42	33,75	67,36	50,45
2	Assunção	37,58	45,16	40,58	27,95	39,55	39,25	49,01	35,43	50,83	52,96	47,18	51,84	22,36	23,56	35,66	32,14
3	Barra de São Miguel	62,07	55,21	54,94	45,87	65,87	65,06	59,82	54,26	70,50	70,46	56,67	68,42	41,38	39,44	46,16	36,68
4	Boa Vista	62,26	53,09	55,23	51,60	66,04	59,22	53,12	56,92	74,39	72,38	56,99	71,44	44,90	43,78	52,10	32,18
5	Boqueirão	56,06	58,66	56,83	51,42	64,56	63,85	55,44	53,84	69,12	70,74	55,37	68,52	45,05	45,98	54,79	34,22
6	Cabaceiras	66,30	50,18	62,96	51,67	67,53	64,31	60,24	53,42	74,57	77,25	58,32	73,93	44,94	44,78	56,48	35,32
7	Cacimbas	38,34	49,69	49,34	40,31	46,16	44,24	50,50	47,79	49,48	51,83	45,41	51,91	23,26	30,73	36,90	27,87
8	Camalaú	49,24	49,14	44,71	38,99	52,70	54,41	54,59	47,03	63,24	65,18	49,33	59,77	26,56	30,20	42,65	36,63
9	Caraúbas	49,40	50,11	45,24	33,58	54,33	55,08	54,30	46,73	62,53	61,93	52,55	63,86	33,40	30,08	34,99	33,95
10	Congo	62,84	60,24	55,08	48,20	64,67	68,54	68,38	56,34	75,11	79,14	69,15	76,57	36,59	34,69	46,47	48,47
11	Coxixola	43,14	48,76	41,03	32,19	46,08	49,26	55,70	43,03	54,85	58,07	44,89	58,12	30,20	24,93	38,43	34,24
12	Desterro	40,77	48,74	49,12	38,75	46,22	46,45	51,65	50,55	52,11	53,67	45,48	54,77	24,10	27,68	39,32	28,88
13	Gurjão	65,36	49,75	52,59	39,41	61,44	58,89	62,21	50,35	76,03	74,92	60,76	76,38	41,27	36,70	49,62	38,11
14	Juazeirinho	54,73	50,65	49,45	34,08	51,97	49,80	58,81	43,17	62,26	66,92	54,75	65,99	27,97	28,03	45,39	34,55
15	Junco do Seridó	40,47	43,47	49,57	31,46	47,49	46,21	55,77	48,20	54,25	58,51	45,17	56,26	25,47	28,28	39,03	34,53
16	Livramento	42,33	38,62	38,72	33,75	44,62	46,64	53,77	49,57	55,97	55,06	44,67	56,86	20,97	23,32	37,23	23,07
17	Monteiro	53,87	50,43	49,90	46,43	57,40	57,07	58,45	55,72	64,10	64,37	53,28	59,96	25,47	33,50	47,15	33,84
18	Olivedos	68,23	59,47	61,17	48,25	69,68	67,21	66,97	56,35	81,39	81,44	57,51	73,18	47,38	46,45	49,02	39,11
19	Ouro Velho	63,36	47,11	59,19	53,93	60,59	64,96	69,12	66,88	75,00	73,51	59,75	73,95	29,58	33,14	62,14	44,04
20	Parari	33,50	34,55	35,76	18,75	36,66	40,90	42,80	33,06	47,39	48,22	40,17	50,52	22,82	22,29	35,80	21,51
21	Pocinhos	63,53	59,64	56,91	57,82	76,76	67,36	60,26	55,08	82,02	79,79	58,91	77,13	53,20	52,75	53,57	40,21
22	Prata	62,13	50,58	58,43	57,03	63,44	64,13	69,12	66,26	73,14	71,06	60,12	70,42	29,71	35,83	59,75	39,11
23	Santo André	48,19	39,06	47,63	29,35	51,00	49,19	57,30	45,32	63,80	66,93	57,82	68,47	32,97	30,70	45,93	36,30
24	São Domingos do Cariri	54,28	44,87	46,42	33,99	54,22	53,23	44,95	43,07	59,29	57,94	46,44	57,43	31,73	26,99	35,46	27,13
25	São João do Cariri	57,92	45,84	49,17	33,76	54,68	56,75	54,95	44,82	65,01	65,52	54,30	65,82	32,24	30,03	37,87	30,30
26	São João do Tigre	53,72	54,23	51,87	45,67	62,59	62,39	63,61	53,53	70,54	73,15	62,14	64,13	35,89	38,47	48,57	47,34
27	São José dos Cordeiros	48,12	43,40	45,10	36,13	48,76	53,05	58,64	51,49	60,79	60,94	51,54	60,51	25,33	27,49	44,41	30,30
28	São Sebastião do Umbuzeiro	50,06	51,40	46,01	45,44	55,39	56,12	58,14	55,01	63,66	66,07	57,13	58,05	32,41	37,27	45,12	40,01
29	Serra Branca	44,82	43,91	42,18	34,21	43,65	49,27	55,37	42,05	55,71	58,26	48,80	58,86	26,46	24,91	38,60	30,87
30	Soledade	62,91	55,84	57,01	46,48	64,09	57,98	61,45	51,78	75,57	75,05	56,79	72,34	41,03	38,38	56,07	34,76
31	Sumé	52,64	50,68	52,50	47,64	54,13	59,20	61,70	57,34	65,81	65,30	51,59	65,52	28,58	27,23	51,44	33,42
32	Taperoá	36,76	39,62	42,71	28,64	43,12	44,60	51,52	40,68	53,36	54,58	43,92	56,14	25,03	26,15	38,71	30,74
33	Tenório	51,80	56,11	51,00	34,14	51,38	49,89	61,54	45,70	62,24	68,05	56,46	64,93	29,60	29,06	46,02	39,39
34	Zabelê	49,35	46,70	39,68	43,82	52,51	53,42	50,91	52,97	58,04	60,08	52,47	52,96	27,13	32,29	40,03	31,79

Valores anuais do SDCI

Nº	Nome_Munic	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	Amparo	41,79	42,21	47,01	40,62	41,57	51,28	55,86	42,79	61,07	63,09	39,85	54,76	17,13	24,00	47,09	31,46
2	Assunção	30,94	35,41	32,61	22,03	25,91	33,54	43,46	25,65	47,15	44,86	33,41	41,82	12,97	18,07	29,47	22,86
3	Barra de São Miguel	47,04	40,74	40,63	30,73	43,72	50,80	43,76	35,29	57,16	49,55	45,11	52,82	23,25	27,69	33,54	20,69
4	Boa Vista	45,72	38,62	39,63	33,77	41,82	44,12	40,35	35,75	58,93	50,64	40,67	51,89	25,68	29,15	36,10	19,28
5	Boqueirão	43,69	41,81	41,13	34,30	42,46	47,47	41,98	34,75	56,64	49,04	41,45	51,93	26,23	31,32	37,46	19,99
6	Cabaceiras	48,13	37,57	43,87	33,61	42,90	47,93	43,46	34,03	58,84	52,88	43,76	54,75	25,08	30,04	38,14	19,35
7	Cacimbas	31,10	38,55	38,22	29,58	30,06	36,60	45,12	32,14	47,42	49,38	32,07	40,67	13,45	22,51	32,65	23,23
8	Camalaú	36,98	37,37	33,40	26,52	34,47	43,55	46,18	31,63	51,37	51,68	38,34	44,25	14,71	22,74	32,39	22,89
9	Caraubas	38,72	38,01	34,33	23,41	36,39	44,01	42,37	30,48	52,78	47,50	41,36	49,18	18,68	22,18	27,40	20,42
10	Congo	45,38	43,33	39,23	30,37	42,46	51,15	51,02	35,40	58,49	57,25	50,23	54,38	20,24	24,82	33,37	27,01
11	Coxixola	33,78	36,91	30,97	22,32	29,89	39,33	43,83	27,53	48,70	47,46	35,29	46,49	16,65	18,34	28,80	21,36
12	Desterro	32,37	38,45	38,61	29,14	30,52	37,99	45,43	33,68	48,93	52,32	32,66	41,90	14,00	21,21	34,88	24,55
13	Gurjão	45,79	37,34	37,82	26,93	37,61	43,16	46,45	32,16	59,63	54,06	42,78	54,86	22,63	24,78	35,17	22,27
14	Juazeirinho	39,87	38,01	36,81	24,42	32,15	38,83	46,94	29,53	52,34	50,79	38,76	49,69	15,99	19,90	33,82	22,65
15	Junco do Seridó	32,73	34,17	37,96	24,17	30,29	37,46	47,84	32,38	49,78	48,81	31,94	43,68	14,52	20,87	33,10	24,31
16	Livramento	33,12	31,86	30,42	25,08	28,47	37,08	46,42	31,56	48,59	49,10	31,21	44,90	11,68	18,75	30,27	17,88
17	Monteiro	38,89	38,09	37,20	32,27	37,56	43,77	47,26	36,28	51,05	54,11	40,34	42,63	14,66	23,98	37,11	23,85
18	Olivedos	48,89	41,51	42,96	33,09	43,90	48,63	48,71	36,45	62,40	56,31	39,17	52,27	26,90	30,07	36,03	22,65
19	Ouro Velho	43,68	36,78	42,47	36,26	38,46	47,70	50,96	41,07	57,84	60,72	41,95	50,49	16,90	23,95	45,21	29,39
20	Parari	29,50	30,79	28,78	16,41	24,62	34,52	38,52	23,15	45,96	42,90	33,13	44,02	12,91	17,62	28,24	16,44
21	Pocinhos	47,26	41,98	40,66	37,70	48,29	49,32	44,31	35,52	62,91	53,74	39,22	54,32	31,33	33,72	36,96	23,27
22	Prata	43,04	38,34	41,78	37,70	40,23	47,29	51,78	41,15	56,24	58,48	42,95	48,29	16,87	25,22	43,71	26,38
23	Santo André	36,72	32,63	35,30	21,88	31,72	38,60	45,98	29,95	53,64	51,53	41,13	51,96	18,24	21,53	33,70	23,04
24	São Domingos do Cariri	41,53	35,13	35,44	24,16	35,50	42,73	36,11	28,86	51,30	44,13	37,97	46,53	17,99	20,75	27,49	16,89
25	São João do Cariri	42,71	34,94	35,97	23,81	34,78	41,58	39,64	28,86	53,69	47,62	40,95	49,33	18,35	22,02	28,38	17,75
26	São João do Tigre	42,12	40,06	38,31	31,18	43,66	49,94	49,93	36,68	56,66	55,68	50,22	46,93	19,82	29,71	35,36	28,63
27	São José dos Cordeiros	36,32	34,78	34,14	26,01	31,05	41,22	47,76	32,72	51,84	52,04	36,63	46,88	14,25	20,64	34,22	21,54
28	São Sebastião do Umbuzeiro	39,16	37,80	34,11	30,58	38,95	45,59	46,07	36,95	52,74	52,10	47,48	43,28	17,68	27,57	32,83	25,17
29	Serra Branca	34,70	34,74	31,93	24,23	28,37	39,20	45,46	27,62	49,04	49,02	35,95	46,67	14,74	18,96	30,09	20,55
30	Soledade	44,89	39,55	40,26	30,81	39,71	42,65	45,30	32,80	59,57	52,96	39,74	51,00	22,76	25,54	38,57	20,73
31	Sumé	38,54	37,87	37,19	30,86	33,94	45,31	49,31	35,64	53,49	53,40	37,24	49,06	16,08	20,19	37,29	21,14
32	Taperoá	30,54	33,12	33,80	22,80	28,15	36,50	44,72	28,02	48,70	48,64	32,19	44,08	14,21	19,89	31,97	22,90
33	Tenório	38,69	40,29	38,39	25,05	32,32	39,38	49,78	31,32	53,35	51,92	38,65	48,34	16,74	20,88	36,11	25,84
34	Zabelê	37,60	34,42	30,08	30,52	35,52	43,09	43,30	34,84	49,24	51,44	43,47	40,17	14,75	24,39	30,58	21,39

Valores anuais do SPEI-3

Nº	Nome_Munic	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	Amparo	0,28	0,32	0,03	-0,37	0,47	0,02	-0,37	-0,12	0,77	0,77	0,32	0,89	-1,01	-0,82	0,57	31,46
2	Assunção	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	22,86
3	Barra de São Miguel	0,89	-0,17	-0,62	-1,40	0,24	-0,16	-0,68	-0,37	0,19	0,23	0,02	0,29	-1,20	-1,04	-0,38	20,69
4	Boa Vista	0,88	-0,37	-0,45	-0,69	0,32	-0,08	-0,47	-0,60	-0,16	-0,40	-0,75	-0,01	-1,97	-1,61	-1,30	19,28
5	Boqueirão	-0,09	-0,49	-0,97	-0,33	-0,25	-0,30	-0,72	-0,22	0,75	0,33	0,16	-0,70	-0,60	-0,22	0,35	19,99
6	Cabaceiras	1,45	0,70	0,66	0,36	1,23	0,57	0,54	0,04	0,68	0,99	-0,22	0,30	-1,43	-0,73	0,16	19,35
7	Cacimbas	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	23,23
8	Camalú	-0,24	-0,15	-0,92	-1,37	0,09	-0,29	-0,55	-0,57	-0,22	0,55	0,37	0,28	-1,18	-0,71	0,04	22,89
9	Caraúbas	0,76	0,25	0,03	-1,44	-0,24	-0,14	-0,47	-0,16	0,40	0,60	0,48	0,93	-1,65	-1,12	-0,36	20,42
10	Congo	0,41	0,09	-0,52	-1,45	0,07	-0,03	-0,27	-0,45	0,12	0,77	0,47	0,46	-1,34	-0,95	-0,06	27,01
11	Coxixola	0,57	0,22	-0,50	-1,15	0,32	0,01	-0,11	-0,86	0,40	0,52	0,27	1,14	-0,98	-0,82	0,22	21,36
12	Desterro	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	24,55
13	Gurjão	1,15	0,14	0,08	-0,23	0,35	0,38	0,68	-0,29	1,26	0,43	0,37	0,36	-1,62	-1,52	-0,87	22,27
14	Juazeirinho	1,33	0,45	0,36	-0,52	0,58	0,48	0,75	-0,26	0,46	0,75	-0,16	0,04	-1,85	-1,64	-0,91	22,65
15	Junco do Seridó	1,10	0,13	0,33	-0,29	0,84	0,68	0,79	-0,24	0,40	0,88	-0,12	0,04	-1,65	-1,52	-0,95	24,31
16	Livramento	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	17,88
17	Monteiro	0,55	-0,07	-0,19	-0,80	-0,65	-0,33	-0,15	-0,51	0,10	0,47	-0,15	0,54	-1,38	-0,91	-0,43	23,85
18	Olivedos	1,29	0,28	0,16	-0,57	0,72	0,63	0,44	-0,12	0,80	0,46	-0,71	0,42	-1,76	-1,46	-0,93	22,65
19	Ouro Velho	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	29,39
20	Parari	0,33	-0,18	0,12	-0,56	0,40	0,08	0,49	-0,25	0,43	1,07	0,09	1,20	-1,32	-1,12	-0,45	16,44
21	Pocinhos	1,07	0,36	-0,07	-0,19	0,91	0,56	0,17	-0,06	0,43	0,28	-0,65	0,34	-1,54	-0,94	-1,24	23,27
22	Prata	0,05	-0,19	-0,66	-0,70	0,24	-0,46	-0,52	-0,19	0,20	0,52	0,15	0,34	-1,39	-0,78	0,03	26,38
23	Santo André	---	---	---	---	-0,39	-0,56	-1,00	-0,08	-0,75	-0,85	-0,47	-1,76	-1,86	-1,43	-1,35	23,04
24	São Domingos do Cariri	0,61	0,25	1,04	-1,05	0,50	-0,03	-0,19	-0,19	0,60	0,60	0,71	0,85	-1,05	-0,62	-0,10	16,89
25	São João do Cariri	1,27	0,43	0,37	-0,66	0,78	0,64	0,60	-0,04	0,36	0,63	0,50	0,69	-1,52	-1,44	-0,90	17,75
26	São João do Tigre	0,42	0,27	-0,69	-1,26	0,22	-0,34	-0,39	-0,26	-0,22	0,14	0,57	0,55	-1,47	-0,77	-0,15	28,63
27	São José dos Cordeiros	0,29	-0,34	-0,37	-0,77	0,52	-0,02	0,34	-0,60	0,00	0,68	-0,50	0,47	-1,91	-1,83	-1,24	21,54
28	São Sebastião do Umbuzeiro	0,14	0,30	-0,43	-1,18	-0,15	-0,42	0,02	-0,55	0,06	0,37	0,82	0,48	-1,54	-0,59	-0,25	25,17
29	Serra Branca	0,34	-0,25	-0,27	-0,99	0,35	-0,09	0,66	-0,81	-0,04	0,21	-0,34	-0,22	-1,86	-1,73	-0,93	20,55
30	Soledade	0,71	-0,29	-0,42	-1,17	0,01	-0,23	-0,34	-0,76	-0,18	-0,45	-0,51	0,08	-2,02	-2,01	-1,28	20,73
31	Sumé	0,57	0,22	-0,33	-1,10	-0,04	-0,05	-0,43	-0,61	0,14	0,44	0,02	0,69	-1,85	-1,32	0,46	21,14
32	Taperoá	0,11	-0,50	-0,36	-0,98	0,15	-0,12	0,46	-0,69	-0,11	0,74	-0,32	0,29	-1,36	-1,42	-1,22	22,90
33	Tenório	0,77	0,30	-0,02	-0,18	0,80	0,54	0,73	-0,14	0,35	0,74	0,00	0,33	-1,52	-1,43	-0,80	25,84
34	Zabelê	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	21,39

Valores anuais do SPEI-12

Nº	Nome_Munic	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	Amparo	0,08	-0,21	0,60	-0,06	0,85	-0,37	-0,07	-0,46	0,88	1,22	0,02	1,67	-1,13	-1,72	-0,17	31,46
2	Assunção	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	22,86
3	Barra de São Miguel	0,72	-0,12	-0,24	-1,30	0,75	-0,24	-0,59	-0,75	0,39	0,36	-0,07	0,27	-1,02	-1,80	-0,94	20,69
4	Boa Vista	0,56	-0,02	-0,27	-0,78	0,22	-0,16	-0,40	-0,50	-0,29	-0,33	-0,91	-0,17	-1,39	-2,97	-1,43	19,28
5	Boqueirão	-0,96	-0,17	-1,08	-0,26	-0,56	-0,17	-0,58	-0,35	1,25	0,48	0,84	-1,07	-1,45	-0,50	-0,14	19,99
6	Cabaceiras	1,21	1,14	1,29	0,34	1,86	0,55	0,66	0,13	1,33	1,32	-0,24	0,34	-1,14	-2,80	-0,49	19,35
7	Cacimbas	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	23,23
8	Camalaú	-0,46	-0,81	-0,47	-1,41	-0,25	-0,63	-0,26	-0,75	-0,29	0,83	0,13	0,65	-1,24	-1,66	-0,13	22,89
9	Caraúbas	0,65	0,18	0,42	-1,38	0,07	-0,32	-0,10	-0,22	0,93	1,05	0,22	1,55	-0,97	-2,35	-1,16	20,42
10	Congo	0,16	-0,11	-0,19	-1,33	0,06	0,12	-0,16	-0,47	-0,05	1,10	0,61	0,68	-1,27	-1,93	-0,61	27,01
11	Coxixola	0,08	0,19	0,01	-1,14	0,70	-0,01	0,34	-0,77	0,77	0,88	-0,05	1,61	-0,02	-1,93	-0,28	21,36
12	Desterro	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	24,55
13	Gurjão	0,90	0,20	0,36	-0,69	0,61	0,12	0,72	-0,04	1,28	1,06	0,08	1,42	-0,99	-2,87	-1,01	22,27
14	Juazeirinho	1,29	0,73	0,77	-0,65	0,73	0,26	0,72	-0,08	0,38	0,93	-0,26	0,40	-1,51	-2,73	-1,01	22,65
15	Junco do Seridó	0,60	0,01	0,58	-0,37	1,50	0,09	1,16	0,16	0,55	1,72	-0,12	0,08	-1,30	-1,97	-1,04	24,31
16	Livramento	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	17,88
17	Monteiro	0,24	-0,23	0,18	-0,92	-0,98	-0,77	-0,22	-0,49	-0,24	0,47	-0,28	0,93	-1,20	-1,55	-0,74	23,85
18	Olivedos	0,92	0,52	0,39	-0,91	0,73	0,51	0,46	-0,07	1,17	0,97	-0,88	0,18	-1,45	-3,09	-1,59	22,65
19	Ouro Velho	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	29,39
20	Parari	0,38	-0,48	0,05	-0,95	-0,03	-0,35	0,47	-0,11	0,44	1,30	0,89	1,07	-0,07	-1,96	-0,31	16,44
21	Pocinhos	0,59	0,82	0,15	-0,23	1,14	0,52	0,36	-0,25	0,43	0,47	-0,82	0,16	-1,57	---	-1,66	23,27
22	Prata	-0,55	-0,87	-0,15	-0,67	0,10	-0,56	-0,51	-0,24	0,37	0,84	-0,21	0,92	-1,59	-1,89	-0,33	26,38
23	Santo André	---	---	---	---	0,30	-0,72	-0,98	-0,63	-0,80	-1,11	-0,60	-1,60	-2,24	-1,59	-1,61	23,04
24	São Domingos do Cariri	0,23	0,20	0,49	0,13	0,55	-0,34	-0,21	-0,51	0,95	0,87	0,73	1,48	-0,84	-1,63	-0,62	16,89
25	São João do Cariri	1,17	0,42	0,81	-0,63	0,72	0,41	0,57	0,30	0,64	1,38	0,43	1,83	-0,74	-2,12	-1,25	17,75
26	São João do Tigre	-0,05	-0,12	0,11	-1,39	0,19	-0,46	0,19	0,08	-0,08	0,81	0,38	1,00	-1,26	-1,83	-0,76	28,63
27	São José dos Cordeiros	-0,01	-0,70	-0,47	-1,00	0,84	-0,56	0,60	-0,26	0,05	1,26	-0,21	0,56	-1,26	-2,24	-1,40	21,54
28	São Sebastião do Umbuzeiro	-0,46	0,28	0,31	-1,20	-0,22	-0,79	-0,20	-0,20	0,20	1,00	1,01	1,15	-1,43	-1,93	-0,41	25,17
29	Serra Branca	-0,07	-0,32	-0,12	-1,21	0,18	-0,47	0,93	-0,41	0,04	0,25	-0,41	-0,03	-1,46	-2,48	-1,24	20,55
30	Soledade	0,43	-0,15	-0,31	-1,34	0,13	-0,69	-0,44	-0,79	-0,23	-0,31	-1,18	0,11	-1,97	-3,79	-1,74	20,73
31	Sumé	0,28	0,09	0,71	-0,79	0,24	-0,50	-0,06	-0,78	0,23	0,70	-0,22	0,92	-1,49	-2,00	0,01	21,14
32	Taperoá	-0,43	-1,06	-0,09	-1,21	0,30	-0,81	1,04	-0,11	0,35	1,45	-0,48	1,16	-1,35	-1,96	-1,23	22,90
33	Tenório	0,20	-0,06	0,22	-0,60	1,57	-0,34	0,63	0,09	0,39	1,17	-0,05	0,55	-1,08	-1,84	-1,08	25,84
34	Zabelê	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	21,39

3 Anexo 3 – Tabelas de correlação entre índices de secas e as variáveis pecuárias

Correlação entre índices de seca e produção de leite

Nº	Nome_Munic	PCI	VCI	TCI	VHI	SDCI	SPEI3	SPEI12
1	Amparo	0,59	0,70	0,77	0,72	0,71	0,67	0,80
2	Assunção	0,09	0,31	0,25	0,30	0,20		
3	Barra de São Miguel	-0,19	-0,45	-0,31	-0,38	-0,31	0,02	-0,12
4	Boa Vista	0,52	0,67	0,71	0,69	0,65	0,27	0,28
5	Boqueirão	-0,31	-0,55	-0,46	-0,51	-0,44	0,03	-0,21
6	Cabaceiras	0,27	0,20	0,22	0,23	0,25	-0,24	-0,05
7	Cacimbas	0,56	0,81	0,72	0,81	0,73		
8	Camalaú	0,70	0,86	0,82	0,86	0,81	0,65	0,76
9	Caraúbas	0,82	0,91	0,88	0,91	0,89	0,94	0,89
10	Congo	0,68	0,94	0,84	0,91	0,84	0,78	0,87
11	Coxixola	0,68	0,85	0,80	0,84	0,78	0,68	0,71
12	Desterro	0,53	0,81	0,72	0,81	0,71		
13	Gurjão	0,65	0,84	0,80	0,83	0,77	0,89	0,87
14	Juazeirinho	0,11	0,06	0,04	0,07	0,08	-0,31	-0,24
15	Junco do Seridó	0,21	0,24	0,18	0,24	0,23	-0,06	-0,03
16	Livramento	0,26	0,23	0,25	0,23	0,26		
17	Monteiro	0,14	-0,08	-0,11	-0,05	0,02	0,63	0,71
18	Olivedos	0,06	-0,07	0,04	-0,02	0,01	-0,32	-0,27
19	Ouro Velho	0,56	0,69	0,61	0,70	0,67		
20	Parari	0,72	0,84	0,82	0,85	0,80	0,89	0,73
21	Pocinhos	-0,23	-0,22	-0,22	-0,22	-0,24	-0,57	-0,55
22	Prata	0,52	0,77	0,73	0,77	0,71	0,51	0,67
23	Santo André	0,67	0,86	0,87	0,86	0,80	0,55	0,62
24	São Domingos do Cariri	0,60	0,49	0,51	0,50	0,57	0,49	0,58
25	São João do Cariri	0,71	0,95	0,89	0,93	0,87	0,94	0,94
26	São João do Tigre	0,74	0,88	0,83	0,86	0,83	0,78	0,91
27	São José dos Cordeiros	0,53	0,80	0,73	0,80	0,69	0,90	0,85
28	São Sebastião do Umbuzeiro	0,78	0,91	0,87	0,91	0,87	0,72	0,77
29	Serra Branca	0,66	0,88	0,81	0,87	0,79	0,65	0,69
30	Soledade	0,44	0,49	0,52	0,51	0,50	0,33	0,26
31	Sumé	0,70	0,80	0,81	0,81	0,80	0,70	0,75
32	Taperoá	0,37	0,42	0,38	0,42	0,40	0,24	0,37
33	Tenório	0,18	0,36	0,27	0,34	0,27	-0,05	0,03
34	Zabelê	0,62	0,68	0,58	0,69	0,67		

Correlação entre índices de seca e efetivo do rebanho bovino

Nº	Nome_Munic	PCI	VCI	TCI	VHI	SDCI	SPEI3	SPEI12
1	Amparo	0,58	0,78	0,74	0,79	0,74	0,68	0,80
2	Assunção	0,38	0,66	0,55	0,66	0,53		
3	Barra de São Miguel	-0,35	-0,65	-0,56	-0,59	-0,52	-0,07	-0,33
4	Boa Vista	0,44	0,38	0,39	0,38	0,44	-0,10	-0,41
5	Boqueirão	0,53	0,41	0,36	0,42	0,48	0,58	0,82
6	Cabaceiras	0,66	0,71	0,69	0,73	0,72	0,62	0,55
7	Cacimbas	0,66	0,77	0,75	0,77	0,77		
8	Camalaú	0,65	0,84	0,78	0,84	0,77	0,62	0,76
9	Caraúbas	0,75	0,91	0,88	0,90	0,86	0,90	0,91
10	Congo	0,15	0,43	0,32	0,38	0,29	0,36	0,35
11	Coxixola	-0,03	0,27	0,15	0,24	0,11	0,35	0,38
12	Desterro	0,34	0,61	0,59	0,61	0,50		
13	Gurjão	0,58	0,86	0,81	0,84	0,76	0,76	0,81
14	Juazeirinho	0,40	0,26	0,24	0,27	0,33	0,22	0,19
15	Junco do Seridó	0,56	0,74	0,60	0,72	0,67	0,46	0,41
16	Livramento	0,14	0,06	0,10	0,07	0,11		
17	Monteiro	0,62	0,83	0,76	0,83	0,77	0,88	0,85
18	Olivedos	0,47	0,22	0,29	0,25	0,36	-0,05	-0,06
19	Ouro Velho	0,53	0,82	0,79	0,81	0,74		
20	Parari	0,56	0,51	0,45	0,52	0,55	0,83	0,75
21	Pocinhos	-0,39	-0,62	-0,59	-0,58	-0,55	-0,63	-0,68
22	Prata	0,58	0,83	0,82	0,84	0,77	0,81	0,89
23	Santo André	0,58	0,85	0,83	0,85	0,75	0,41	0,58
24	São Domingos do Cariri	0,61	0,84	0,79	0,83	0,76	0,74	0,87
25	São João do Cariri	0,65	0,88	0,82	0,88	0,80	0,91	0,94
26	São João do Tigre	0,42	0,70	0,55	0,68	0,56	0,87	0,92
27	São José dos Cordeiros	0,22	0,23	0,19	0,25	0,23	0,65	0,64
28	São Sebastião do Umbuzeiro	0,49	0,74	0,56	0,72	0,61	0,65	0,75
29	Serra Branca	0,26	0,25	0,13	0,25	0,25	0,22	0,23
30	Soledade	0,28	0,18	0,26	0,21	0,25	-0,12	-0,17
31	Sumé	0,71	0,83	0,77	0,84	0,81	0,68	0,73
32	Taperoá	-0,11	0,04	-0,05	0,04	-0,05	0,10	0,18
33	Tenório	0,42	0,71	0,69	0,70	0,60	0,76	0,68
34	Zabelê	0,71	0,86	0,77	0,86	0,82		

Correlação entre índices de seca e efetivo do rebanho caprino

Nº	Nome_Munic	PCI	VCI	TCI	VHI	SDCI	SPEI3	SPEI12
1	Amparo	0,39	0,66	0,72	0,66	0,60	0,38	0,43
2	Assunção	0,05	0,08	-0,01	0,09	0,06		
3	Barra de São Miguel	0,16	0,13	0,07	0,17	0,14	0,72	0,53
4	Boa Vista	0,58	0,70	0,68	0,71	0,68	0,87	0,87
5	Boqueirão	0,42	0,29	0,25	0,32	0,36	0,28	0,49
6	Cabaceiras	0,52	0,60	0,55	0,61	0,58	0,82	0,87
7	Cacimbas	0,38	0,45	0,44	0,44	0,44		
8	Camalaú	0,55	0,71	0,62	0,71	0,64	0,36	0,40
9	Caraúbas	-0,11	-0,18	-0,22	-0,14	-0,16	0,64	0,54
10	Congo	0,30	0,58	0,44	0,54	0,45	0,48	0,51
11	Coxixola	0,18	0,45	0,26	0,43	0,30	0,35	0,38
12	Desterro	0,20	0,55	0,47	0,53	0,38		
13	Gurjão	0,50	0,59	0,57	0,59	0,56	0,79	0,66
14	Juazeirinho	-0,26	-0,45	-0,43	-0,42	-0,38	-0,43	-0,38
15	Junco do Seridó	0,26	0,34	0,27	0,36	0,31	0,83	0,74
16	Livramento	0,56	0,76	0,73	0,76	0,70		
17	Monteiro	0,44	0,65	0,61	0,67	0,58	0,36	0,22
18	Olivedos	0,41	0,12	0,20	0,15	0,27	-0,10	-0,14
19	Ouro Velho	0,53	0,27	0,35	0,31	0,43		
20	Parari	0,40	0,41	0,40	0,43	0,42	0,74	0,54
21	Pocinhos	0,53	0,62	0,58	0,61	0,61	0,78	0,82
22	Prata	0,54	0,82	0,89	0,83	0,76	0,64	0,65
23	Santo André	0,41	0,48	0,43	0,50	0,45	0,80	0,73
24	São Domingos do Cariri	0,54	0,74	0,53	0,72	0,65	0,69	0,65
25	São João do Cariri	0,40	0,43	0,35	0,46	0,42	0,84	0,74
26	São João do Tigre	0,02	0,36	0,16	0,34	0,16	0,74	0,84
27	São José dos Cordeiros	-0,15	-0,36	-0,37	-0,33	-0,27	0,07	0,14
28	São Sebastião do Umbuzeiro	0,22	0,41	0,27	0,42	0,31	0,36	0,49
29	Serra Branca	0,41	0,68	0,55	0,67	0,55	0,78	0,87
30	Soledade	0,18	0,12	0,17	0,18	0,16	0,27	0,16
31	Sumé	0,57	0,66	0,64	0,69	0,65	0,48	0,56
32	Taperoá	0,30	0,59	0,54	0,58	0,44	0,65	0,45
33	Tenório	0,25	0,47	0,45	0,48	0,38	0,21	0,23
34	Zabelê	0,62	0,90	0,82	0,90	0,79		

Correlação entre índices de seca e efetivo do rebanho suíno

Nº	Nome_Munic	PCI	VCI	TCI	VHI	SDCI	SPEI3	SPEI12
1	Amparo	0,25	0,32	0,19	0,32	0,28	0,36	0,54
2	Assunção	-0,23	-0,33	-0,44	-0,33	-0,30		
3	Barra de São Miguel	0,42	0,44	0,32	0,46	0,43	0,71	0,70
4	Boa Vista	-0,35	-0,65	-0,61	-0,60	-0,55	-0,14	0,00
5	Boqueirão	-0,47	-0,72	-0,71	-0,68	-0,63	0,30	-0,03
6	Cabaceiras	-0,35	-0,60	-0,61	-0,53	-0,52	0,25	0,28
7	Cacimbas	0,12	-0,14	-0,12	-0,14	0,01		
8	Camalaú	-0,05	0,10	0,02	0,13	0,02	0,21	0,46
9	Caraúbas	0,19	0,28	0,18	0,31	0,23	0,45	0,61
10	Congo	-0,23	0,04	-0,11	0,05	-0,11	0,25	0,41
11	Coxixola	-0,11	0,00	-0,01	0,02	-0,06	0,19	0,21
12	Desterro	0,13	0,33	0,31	0,31	0,24		
13	Gurjão	-0,09	-0,17	-0,17	-0,08	-0,14	0,75	0,78
14	Juazeirinho	-0,25	-0,43	-0,48	-0,40	-0,37	-0,55	-0,60
15	Junco do Seridó	0,41	0,66	0,51	0,66	0,54	0,90	0,86
16	Livramento	0,06	-0,19	-0,17	-0,18	-0,07		
17	Monteiro	0,02	-0,05	-0,09	-0,01	-0,03	0,34	0,23
18	Olivedos	0,30	-0,02	-0,01	0,01	0,12	-0,05	-0,08
19	Ouro Velho	0,14	0,10	-0,09	0,10	0,08		
20	Parari	0,39	0,56	0,62	0,56	0,48	0,56	0,40
21	Pocinhos	-0,28	-0,47	-0,54	-0,44	-0,44	0,53	0,59
22	Prata	0,01	-0,18	-0,29	-0,15	-0,13	0,42	0,54
23	Santo André	0,35	0,49	0,52	0,53	0,44	0,35	0,43
24	São Domingos do Cariri	0,27	0,59	0,52	0,57	0,45	0,18	0,33
25	São João do Cariri	0,05	0,26	0,18	0,29	0,16	0,67	0,81
26	São João do Tigre	0,43	0,50	0,57	0,48	0,50	0,19	0,64
27	São José dos Cordeiros	0,36	0,54	0,45	0,54	0,47	0,72	0,75
28	São Sebastião do Umbuzeiro	0,62	0,78	0,76	0,78	0,72	0,31	0,42
29	Serra Branca	-0,09	-0,11	-0,23	-0,10	-0,12	-0,05	0,18
30	Soledade	-0,04	-0,29	-0,29	-0,23	-0,19	0,21	0,17
31	Sumé	-0,11	-0,37	-0,37	-0,32	-0,26	0,24	0,06
32	Taperoá	-0,04	-0,22	-0,29	-0,22	-0,14	-0,15	-0,15
33	Tenório	-0,04	-0,08	-0,13	-0,06	-0,07	-0,05	-0,14
34	Zabelê	0,11	0,17	0,00	0,18	0,13		

Correlação entre índices de seca e efetivo do rebanho galináceo

Nº	Nome Munic	PCI	VCI	TCI	VHI	SDCI	SPEI3	SPEI12
1	Amparo	-0,23	-0,40	-0,55	-0,41	-0,38	-0,06	-0,14
2	Assunção	-0,04	0,15	0,01	0,15	0,04		
3	Barra de São Miguel	0,51	0,69	0,65	0,68	0,62	0,50	0,69
4	Boa Vista	-0,21	-0,28	-0,26	-0,28	-0,26	-0,69	-0,64
5	Boqueirão	-0,44	-0,69	-0,62	-0,64	-0,59	0,10	-0,20
6	Cabaceiras	-0,15	-0,29	-0,29	-0,27	-0,24	-0,54	-0,39
7	Cacimbas	0,08	0,06	-0,01	0,05	0,07		
8	Camalaú	0,30	0,37	0,46	0,35	0,37	0,05	0,35
9	Caraúbas	-0,34	-0,42	-0,47	-0,38	-0,41	0,15	0,16
10	Congo	0,51	0,47	0,58	0,46	0,53	0,14	0,37
11	Coxixola	0,06	-0,18	-0,22	-0,16	-0,06	0,18	0,00
12	Desterro	0,18	0,57	0,55	0,56	0,39		
13	Gurjão	-0,31	-0,54	-0,52	-0,46	-0,45	-0,56	-0,43
14	Juazeirinho	-0,22	-0,33	-0,40	-0,32	-0,30	-0,34	-0,29
15	Junco do Seridó	0,26	0,56	0,49	0,56	0,42	0,73	0,76
16	Livramento	-0,19	-0,49	-0,47	-0,48	-0,37		
17	Monteiro	0,16	0,27	0,32	0,23	0,24	0,01	0,13
18	Olivedos	-0,30	-0,66	-0,62	-0,60	-0,52	-0,36	-0,38
19	Ouro Velho	-0,19	-0,13	-0,21	-0,17	-0,18		
20	Parari	-0,18	-0,38	-0,37	-0,36	-0,28	0,32	0,66
21	Pocinhos	-0,51	-0,57	-0,55	-0,56	-0,57	-0,74	-0,74
22	Prata	-0,25	-0,19	-0,34	-0,19	-0,26	0,09	0,41
23	Santo André	-0,24	-0,35	-0,38	-0,31	-0,32	-0,51	-0,58
24	São Domingos do Cariri	-0,01	-0,10	-0,08	-0,08	-0,06	-0,02	0,26
25	São João do Cariri	-0,35	-0,49	-0,51	-0,44	-0,45	-0,18	0,04
26	São João do Tigre	-0,51	-0,48	-0,45	-0,47	-0,51	-0,17	-0,17
27	São José dos Cordeiros	0,20	0,32	0,33	0,31	0,28	0,01	0,19
28	São Sebastião do Umbuzeiro	-0,42	-0,38	-0,55	-0,39	-0,44	-0,07	0,26
29	Serra Branca	-0,28	-0,32	-0,44	-0,31	-0,32	-0,20	0,06
30	Soledade	-0,32	-0,59	-0,56	-0,53	-0,49	-0,54	-0,50
31	Sumé	-0,33	-0,52	-0,56	-0,49	-0,46	-0,04	-0,08
32	Taperoá	0,07	0,19	0,24	0,20	0,13	0,39	0,17
33	Tenório	0,12	0,35	0,37	0,34	0,25	0,11	0,27
34	Zabelê	-0,46	-0,43	-0,41	-0,46	-0,47		